E/CONF.39/A/224
31 Oct.1962
ORIGINAL : ENGLISH

UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS

Agenda Item: A.3.3

India

INVESTIGATION AND EXPLOITATION OF GROUNDWATER RESOURCES

By D. MEHTA, M.I.E. (India), I.S.E.(R),
Retired Chief Engineer,
Exploratory Tubewells Organization,
Ministry of Food and Agriculture,
Government of India

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.

3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

INVESTIGATION AND EXPLOITATION OF GROUNDWATER RESOURCES

by

D. Mehta, M.I.E. (Ind)., I.S.E. (H)
Retired Chief Engineer
Exploratory Tubewells Organisation
Ministry of Food and Agriculture,
Government of India.

INTRODUCTION

1. India is predominantly an agricultural country and for the growth, development and expansion of its rural economy which forms the backbone of her prosperity, nothing is more essential than water for irrigation. Although blessed with a network of rivers - big and small with a collosal annual run-off of the order of 1,672,600 million Cu. m. (1,356 million acre feet), there are vast tracts of cultivable lands which starve for want of any irrigational facilities. The bulk of this enormous run-off comes from precipitation in the four months of the monsoon season which mostly runs to waste, causing serious damages on its way to the sea by heavy flooding. Water in these rivers therefore, is not always available when required for irrigation and to hold it up in big storage reservoirs is a very expensive proposition. Moreover suitable sites for such reservoirs are few and far between. There are also arid zones to consider, like Rajasthan and southern Punjab where water is in perpetual scarcity. Even in heavy rain fall areas, a bad monsoon can spell disaster. All these considerations together with the progressively increasing demands for the use of water for industrialisation and urban needs, has led Engineers to devise ways and means for exploring groundwater supplies on a larger scale than has been attempted in the past. More homes today are equipped with water consuming devices and the per-capita consumption of water has risen very much higher than the old class book standards of a decade ago. This has further stimulated search for groundwater supplies to supplement surface water resources, both for rural and urban needs. The alarming rate of increase in population in underdeveloped countries is yet another important factor to contend with.

2. Use of groundwater has been as old as time itself and springs and shallow dug wells have been known from times immemorial. The science of groundwater, however, is of recent origin. Where man made wells did not go deeper than 15 to 20 metres under normal conditions and say about 100 metres in arid zones, today it is possible with powerful rotary drills to tap groundwater resources as deep as 1,000 metres. In California they have some wells 2,000 metres deep. In this way the knowledge in groundwater hydrology which was hidden all these centuries has received a tremendous stimulous and has expanded very considerably in recent decades. Much more pioneering work in this direction is being done and this knowledge is expected to grow even at a faster rate in future.

3. India is perhaps the only country in South-East Asia which has undertaken exploration and assessment of her groundwater resources on a nation-wide scale with the help of the most modern equipment. Although tubewells ranging in depth from 80 to 150 metres and run by electric power had been introduced in the Gangetic alluvium to supplement flow irrigation projects more than 30 years ago, the systematic and scientific treatment of the groundwater problem, its movement and behaviour its quantity and quality and other characteristics has been taken up only recently. An attempt has been made in the following chapters to give a brief description of the investigational methods and techniques, such

as drilling, testing and collecting hydrological data and the equipment used for groundwater exploitation in the hope that it will serve as a useful guide to other countries where similar geohydrological conditions are foreseeable.

4. Exploration and assessment of groundwater resources of a country involve the application of most of the basic science as well as many types of equipment and specialized techniques. The organisation must include trained and experienced groundwater engineers, geologists and hydrologists, besides a crew of drillers and mechanics because the information and data collected by the organisation should afford a firm foundation of knowledge on which to base the conservation, development and utilisation of the hidden sources of water supply for permanent benefit of the country. It should also be remembered that groundwater is a renewable commodity and being almost always in constant circulation underground, it needs collection of information on a recurring basis to study and forestall its movements and behaviour (Table 1).

II. SURFACE INVESTIGATION OF GROUNDWATER

5. Prior to the commencement of drilling operations, it is necessary to select suitable areas from geological and topographical considerations as to the chances of occurence of groundwater in that region. This work involves not only the actual collection and codification of data but also their precise interpretation as to the geohydrological conditions. Prior to assessment of groundwater conditions in different areas, it is necessary to collect data on hydrological, geological, structural and physiographic characteristics of the area as well as the climatic factors such as mean rainfall, and temperature besides already available data and information, howsoever crude, before embarking upon a programme of drilling down to water table or trying to initiate hydrological surveys in any selected area.

6. Lately geophysical methods have been developed for groundwater surveys, which makes the task of preliminary exploration simpler and more reliable. Geophysical exploration is an indirect way to measure certain specific physical properties of the rocks and the confined or unconfined water in them. Experience has shown that differences in these properties can be evaluated in terms of the porosity, water bearing capacity and quality of water contained in various rock types. These methods however, have been used more extensively for the exploration of petroleum and other minerals. Their application to groundwater has been slow since the commercial value of petroleum and minerals overshadows that of water. Several geophysical methods could be listed under this head, but only electrical resistivity and seismic refraction methods have more than limited application to groundwater and they are easily applicable for groundwater investigations.

Geological methods.

7. Geological methods are the simplest and least expensive scientific approach in the evaluation of subsurface water resources. Normally, geologists resort to the collection of information on composition and structure of the rocks exposed on the surface to arrive at optimum magnitude of water yield to be expected from one formation to another. Study of the geomorphological phenomena, like erosional and depositional feature which may afford clue to the extent and regularity of water bearing formation is also essential.

Stratigraphy and geological history of the area may reveal the potentialities of water and depth of drilling in a particular formation. The geological reconnaissance of the region eliminate/unnecessary drilling in non feasible areas. Prima facie based on the geological reconnaissance survey, suitable areas for groundwater exploration can be marked for systematic drilling programme.

Dowsing.

8. Dowsing or water witching is an age old method of locating underground water or streams by the intuition of supernatural powers or by dividing methods. It lacks complete scientific justification and is more of a trade and persons of such show are known as "Water Diviners"; "Paniwala Maharaj" "Radiasthetists" etc. Each one of them has his own specialised approach and instruments. The authenticity of such methods if highly doubtful and the results are more speculation shrouded in mystery. However, this age old method used all over the world in some form or the other, points to the urge of human beings to search for water which is buried deep in the ground. With the dawn of scientific methods and advances made in the study and exploration of groundwater such primitive ways like water divining are slowly losing ground.

III. SUBSURFACE INVESTIGATION OF GROUNDWATER

9. Reliable and comprehensive studies of groundwater and conditions under which it occurs particularly the nature of aquifers, location, thickness, composition permeability, yield and quality can only be made by subsurface examination. Test drilling furnishes information on the condition of the strata below the surface. Logging techniques provide data on the water bearing properties of the formation with reference to the quality of water, size and magnitude of the granular zones, rate of groundwater flow, etc., Evaluation of these factors aid in proper location, development and utilisation of groundwater.

Test Drilling.

10. Small diameter Pilot holes 15 Cms (6") are drilled to ascertain the subsurface geological conditions. These holes later serve as observation holes in measuring hydrological data such as water levels and carrying out pumping tests. The geological strata samples collected from this hole go to form a "Well log" or "Strata Log" or "Lithological Log". Measurement regarding confined or unconfined aquifers can be made from test holes. A drilling time-log from a test hole is a useful supplement for efficient drilling operation during regular drilling. Any type of rig can be used for test hold drilling depending upon the purpose and objective of such test wells.

Resistivity logging.

11. After drilling a test hole or an observation well, the hole is left uncased

for measuring electrical resistivity of the surrounding media and to obtain relative variation in depth. The outcome of such an investigation is an "Electric Log" or "Resistivity log". This log consists usually of a curve or a series of curves termed as "Resistivity curves". These curves are made use of to interpret the lithology of subsurface strata and to decipher the quality of water.

12. Sometimes in old wells, exact location of well casing can also be determined. In an unconsolidated aquifer the resistivity is controlled primarily by the porosity and packing, water content, degree of saturation and temperature. The resistivity of groundwater depends upon the ionic concentration and mobility of salt solution in the water. There is a direct relationship between the temperature and resistivity values. Resistivity logs are useful for locating aquifers, determining bed sequences, correlating aquifers and estimating quality change in groundwater.

Potential logging.

13. This method measures natural electrical potentials found in the various formations. These are also termed as "Self Potentials" or "Spontaneous Potentials", or simply "S.P.". There are two sets of measurements. The one is called positive value i.e. flow from the formation into the well and the other reverse flow called the negative value. These are normally termed as "anomalies", and are interpreted with reference to a base value which might be either of a permeable or impermeable formation of considerable thickness. Therefore, these potential logs indicate relative permeable zones. In areas where there are no sharp contrasts between the permeable zones, potential curves lack relief and are of little value. Usually this logging is carried out along with Resistivity logging and they confirm the subsurface data, obtained during Resistivity Logging Operation.

Other methods.

14. Temperature logging records the vertical variation of temperature in a well by using a resistence thermometer. Ordinarily temperature in a well increases with depth in accordance with the geothermal gradient i.e. roughly 1°C for every 30 metres (100 feet) in depth. Any departure from this may provide information on fluid circulation or geologic conditions in the well.

Caliper logging.

15. Caliper logging is a device to measure the diameter of a hold from the surface to the bottom. Other methods of logging which are used in a very limited way are logs of pH values, to study chemical characteristics of groundwater.

16. Radioactive logging using gamma and neutron rays have wide application in petroleum prospecting to analyse the formations in oil wells. This method is used only in exceptional cases in the water wells for estimating porosity and moisture contents. Tracer techniques are used to estimate groundwater flow and velocity.

IV. METHODS AND TECHNIQUES

17. The aquifers, determined as a result of pilot hole drilling and electrical logging, are taken up for testing for their yield and quality of water. Where the quality of water from all the zones is good, cumulative or combined aquifer tests are carried out. Individual aquifers performance tests involving application of packers etc., are costly and time consuming and are resorted to only where absolutely necessary. The results of these tests indicate the zones worthy of

development and those that are to be sealed off in order to eliminate unacceptable quality of water. Keeping those in view, gravel shrouded test wells are constructed and developed with compressed air. The test wells are then subjected to step drawdown, aquifer performance and recuperation tests using diesel driven turbine pumping sets of suitable specifications. The processes of testing are briefly enumerated below ad seriatum:-

a) As the drilling progresses the samples coming out of the "Tee" pipe are collected in sample catchers for every ten feet or with the change in formation whichever is earlier. The latter fact is noted by periodically collecting the sample in local sieves during the progress of drilling. Portion of this sample is taken in a muslin bag and washed free of mud, dried and stored in sample box, marking the depth it represents. It is from these samples that the initial formation log is compiled.

b) The naked hold with a wall plastered with mud is electrically logged by using a single or double channel electric logging device, known as "Electric Logger". In electric logging, the hole is filled with mud and one electrode is passed in the hole while the other kept on the surface in the mud. The separate curves obtained can be interpreted for resistivity and self potential, to get the relative idea of granular zones and their relative salinity. The electrical log compared with the formation log to get the correct idea of the formations drilled through, and thereby to compile an authentic lithological log for all practical purposes.

c) The granular zones that are likely to be productive are then mechanically analysed by using standard mechanical sieve sets, preferably by using mechanical sieve shaker by taking about 100 gms, of the cleaned granular formation. This gives an idea of the mean size of the formation and its effective porosity. Mean gravel size recommended is of the order of 4 to 6 times that of the formation size. The formation comprising gravel do not therefore need any gravel packing in a water well.

18. In case the formations are too thin to sustain a desired draft, the well is straight away abandoned. If they are adequate in thickness the well is converted into a production well. In all other cases the formations and the doubtful zones amongst them are tested for quality and/or quantity to get an idea of their potentiality by using imported or indigenous packers to effectively seal off the undesired zones. In testing an aquifer the discharge is normally recorded on a V-notch and the water sample collected is submitted to partial analysis. If these tests indicate satisfactory conditions, the bore is converted into a production well.

19. For converting the Pilot hole into a production well it is reamed to the desired size, and the designed housing and casing assembly is lowered. The annular space is gravel shrouded. The well is first developed by compressed air and later by a turbine pump. When the water is sand free it is considered to have been fully developed. On such a well, stepdrawdown and aquifer performance tests are conducted. In the former, the discharge is noted by manometer reading against the RPM of the pump to determine the safe yield of the well at a reasonable drawdown. In the latter test the groundwater parameters are calculated by taking note of the recuperation data as well. A steel tape is generally used to record the depth to water, but an electrical water level recorder is preferred to eliminate human error in the process. Amongst the groundwater parameters, Transmissibility is calculated by using "Theis" formula:

$$T = \frac{264 \times Q}{\Delta S}$$

Where Q = the discharge in U.S. G.P.M. and
Δ S = residual drawdown over one log-cycle

20. The coefficint of transmissibility is denoted as the discharge in cubic feet per minute through each square foot of cross-sectional area under 100 per cent hydraulic gradient. Drawdown is recorded by the difference in pumping and static water levels. Coefficient of permeability is expressed as number of gallons of water per day per square foot of cross-sectional area at 60°F and calculated by dividing 'T' with the thickness of the aquifer tapped.

V. EQUIPMENT

21. On the correct choice of drilling equipment depends the ultimate success of the project. Prior to ordering the correct type of equipment, it is essential to make a close study of the job conditions like geological formation to be drilled, probable depth of drilling, transport problems, etc. For most purposes, diesel driven, trailer-mounted direct rotary mud circulation rig is suitable. Where water for drilling is difficult to obtain, air circulated rotary may be preferred. In sandy areas where it is difficult to transport pneumatic wheeled equipment, caterpillar mounted rigs would be the best choice. In hard bouldery areas, rotary rigs do not operate satisfactorily and rotary-cum-percussion rigs would be a better choice, for drilling such formations. Reverse circulation rigs are meant for production well drilling in alluvial formations; but they are not quite suited for individual formation testing in exploratory work. Greatest economy can be observed by buying rigs of similar types to facilitate interchangeability of spare parts.

22. For rotary drilling work, Tricone rock-roller bits with different surfacing materials are manufactured over a range of sizes to suit different drilling conditions. Use of hole openers with replaceable cutters results in considerable economy. In exploratory work, it is often necessary to take out cores. As such suitable core barrels and core bits must be ordered along with the rig.

23. Formation testing involves use of different types of packers - combination rate-hole, inflatable rubber sleeve, etc. Under certain conditions improvised packers may also have to be employed.

24. The rig units must be supported by a fleet of dependable transport equipment. Heavy duty oil field trucks each equipped with tow-hook, gin pole and winch attachment are useful for a variety of jobs including towing rigs, installation of pumps, etc.

25. Pumps tests are done with the help of air compressors and multiple-stage turbine pumps. The diesel driven compressors should be capable of developing a pressure of at least 150 p.s.i. and delivering 500 c.f.m. of air. Turbine pumps of different sizes and capacities are required to suit varying conditions.

26. In exploratory work slotted tubes of different designs are used depending on the job condition. It is, therefore, essential to equip the Organisation with a casing perforating machine to turn out slotted tubes of required sizes.

27. On the maintenance side, the base workshops should be equipped with tools for carrying out complete overhaul of rigs, vehicles, compressors, etc., and also for dressing bits. Truck-mounted mobile workshops are useful for carrying out jobs in the field.

Geological Equipment

28. The geological equipment required for purposes of groundwater study in any area is of fairly simple nature. A Brunton Compass, a field lens, geological hammer, pen knife, field magnetic and a topo-sheet of the area on the desired scale is all that is required by the field geologist for mapping an area. With these essential equipment, he proceeds to examine the formations where tubewell possibility is to be worked out; and compares them with the geological formations recorded in the standard stratigraphical succession of the country. Normally, hard rock areas which are not likely to contain any granular zones whatsoever, are not considered suitable for tubewells, unless it is ascertained that in such rocks there are likely to be adequate joints, faults and such other zones of weaknesses entombing adequate quantity of water.

29. Once the area has been suggested for exploration by locating suitable sites at reasonable distances, with an idea of getting clear picture of the groundwater behaviour in such area, it is taken up for systematic exploration. At individual site, formations are collected as drilling progresses at 10 ft. interval or with the change of formation. These formations are dried and examined further for their heavy minerals, fossil contents, particularly in case of the granular zones containing them. Study of microfossil in the formations encountered during the course of drilling is a subject by itself, for which, adequate laboratory and library facilities are required. For heavy mineral study the granular zones are subjected to heavy mineral analysis by using first a superpanner and then an isodynamic separator to isolate individual mineral grains. Slides of individual isolated mineral grains are then prepared which are examined in a petrological polarising microscope. Such study helps to locate the source of granular material encountered in the borehole; and a collective study can often provide adequate clue to the recharge area of the investigated basin. Granular formations encountered in the boreholes are also subject to mechanical analysis by using standard sieves to find out the screen size and the effective size of the formation. It must be remembered that the nature and the size of gravel to be shrouded in a well depends upon the nature and the size of the granular zones encountered in the exploratory borehole.

30. A well equipped geological and a petrological laboratory with an addition of a chemical wing is a pre-requisite for any groundwater investigation.

VI. QUALITY TEST OF GROUNDWATER

31. Quality of water is as important as the discharge from a well. The standards of quality of water depend upon the purpose for which it is required. Thus the needs for drinking water, industrial water, irrigational activity, vary widely. Quality criteria is judged by the three principal factors, i.e. chemical, physical and bacteriological.

32. Water to be used for drinking purposes, need not be chemically pure, because lack of dissolved and suspended matter makes it both unpalatable and unhygenic. In fact, it is generally believed that the presence of certain minerals in water is essential to health. Chemically pure water is not found in nature because of the almost universal solvent power of water.

33. The following statement gives a brief outline of the desirable and undesirable matters in water.

DESIRABLE AND UNDESIRABLE MINERAL MATTERS IN WATER

The amounts are stated in parts per million of the ion indicated. They are to be taken as suggestive only.		
Use	Desirable or permissible	Undesirable or objectionable
Domestic, drinking and cooking.	Ca Mg Cl HCO_3 F - - - - 0.01	CO_3 SO_4 Cl Fe F 200 0.5 0.1
Irrigation	Ca Mg 40 20	Na Cl SO_4 CO_3 B 10 100 200 10 0.1
Steam boiler	None	Ca Mg SO_4 HCO_3 Cl 5 5 100 100 100

34. Normally four to five litres of water sample are collected for complete chemical analysis; for partial chemical test about half a litre is enough. The categories of samples required for testing are, drilling water - drilling mud and formation water.

35. The constituents which are normally analysed, in any given water sample, and reported in terms of ppm are ;

SiO_2 Fe Al Mg Cu In Pb Ca Na K PO_4 CO_3 HCO_3 SO_4 Cl

NO_3 B TDS pH $CaCO_3$ Total Iron (fe) Hardship and physical tests are Specific conductance - Temperature - Colour and Turbidity.

36. Certain waters are reported to be toxic due to the presence of certain undesirable constituents such as Boron and excess of chloride.

VII. DESIGN AND CONSTRUCTION OF TUBEWELLS

37. After proving the potentialities of groundwater, by actual drilling and necessary yield tests, the question arises of constructing a tubewell which would give the maximum quantity of water at the minimum pumping cost. Well design usually starts with an analysis and interpretation of aquifer characteristics and gradation of aquifer materials. On this depends the design of the assembly to be lowered and the size of the screen opening. The screens placed opposite the granular zones have to be carefully designed for the size of the slots. These openings or slots are to be determined by mechanical analysis of sample formation. Great care is to be taken in this analysis as screen openings which are too large will let in much sand while openings that are too small will fill up with fine sand and choke the screen. Screen openings are selected on the basis of a certain percentage of the finer particles being passed into the well and removed. This is done by means of pumps and surges and bailers operated in the well casing after the screen is set. This process is called "development" and has its own importance in the future working and life of the well. Optimum well designs frequently require that the screen be surrounded by material having a coarser or more uniform grain size than the natural aquifers. This is particularly necessary in the fine sand formations. This artificial feeding of the coarser materials is known as "gravel pack".

The grading of this gravel or coarse material is based on the grading of the fine sand of the natural formation.

38. The materials used in the well construction must be given due consideration if long life is wanted in the finished wells. The two phenomena which result in the failure of wells and which are beyond the control of well drillers and well users are corrosion and incrustation. Both are due to the chemical constituents of the groundwater which cannot be controlled. For this reason, metals should be used in screens and casings which will resist corrosion and incrustation. Incrustation is directly caused by the upset pressure balances when the well is pumped. This can be removed sometimes successfully by acid treatment. The rate of deposit of incrustation can also be retarded by the reduction in the rate of pumping.

39. When a well in an unconfined formation is pumped, there is lowering of water level in the well as well as in the formation. This lowering around the well is called the "Circle of Influence" and the dip in the groundwater bed is called the "Cone of depression". This is important because it determines the distance between the wells if more than one well is to be sunk in the area to avoid interference between adjacent wells.

40. The choice of pumping equipment should be based on information obtained during and development stages; and the pump should be of the right type and design capable of lifting a greater quantity than is required for permanent extraction. There are many types of pumps in the market and each claiming special characteristics. In shallow wells, suction type of pumps are more suitable. For deep wells, deep borehole pumps or submersible pumps are the best. Their choice is generally governed by the knowledge of the exact forms of the yield depression curves of the well and the seasonal extremes of fluctuations of water levels. It is not unusual to find wells abandoned because they are equipped with wrong types of pumps.

VIII. SEA WATER INTRUSION IN COASTAL AQUIFERS

41. This phenomena is of common occurrence in the coastal regions. Under natural conditions, fresh groundwater is discharged into the ocean. In some instances when there is a decrease in seaward flow, reversal flow of sea water into the fresh water aquifers may occur. This may be caused due to overdraft conditions in coastal aquifers connecting the sea thus resulting in the sea water intrusion. Influence of connate water is another important factor that has to be taken note of in any groundwater exploratory programme. Protecting such occurrence is of utmost importance since the fresh water aquifers become contaminated with salt, thus rendering them useless and it takes several years to flush them out. Sea water intrusion may also develop or be accentuated wherever a direct artifical access exists between sea water and groundwater.

Prevention and control of sea water intrusion

42. Five conventional methods have been suggested for controlling intrusion - (i) Reduction and/or controlling the rate of pumping (ii) Direct recharge (iii) Development of pumping through adjacent to the coast (iv) Maintenance of fresh water ridge above sea level along the coast, and (v) Construction of artificial subsurface barriers.

Detection of seawater intrusion into the groundwater

43. This is determined by the chemical analysis of groundwater sample at the zones of sea water intrusion. Chloride is the dominating constituent in ocean water. On the other hand, bicarbonate is usually the most abundant negative ion in groundwater and occurs only in minor amounts in sea water. The ratio of chloride/bicarbonate is the dominating factor to determine sea water intrusion. The increase of chloride/bicarbonate ratio as well as the total salinity can be seen as the coast is approached.

IX. ARTIFICIAL RECHARGE OF GROUNDWATER

44. Recharge to groundwater is one of the main criteria to ensure continuous and copious supply of water without which the constant depletion of groundwater might cause draught conditions and ultimately all the developmental activities may have to be abandoned.

45. Artificial recharge means augmenting the natural infiltration of precipitation of surface water into groundwater by imposing artificial barriers or by artificially changing the natural conditions. Quite a number of methods are in practice, such as water spreading on surface, recharging through pits, excavation wells and shafts and finally overpumping to induce recharge from surface water bodies. The selection of particular method depends upon the local topography, geology and soil conditions, the amount of water to be charged, ultimate use and climatic conditions.

46. Artificial recharge of groundwater is heavily practised in Sweden, Germany and the Netherlands and to a limited extent in France, Great Britain and Spain. Infiltration basins are integral parts of many Swedish Municipal Water Supply systems. Most are located in glacial eskers which are long narrow alluvial ridges deposited during the last glacial era. In Germany, artificial recharge is widely practised where basins and ditches and more recently wells have been utilised. In India, the method of recharging groundwater is still in embryonic condition.

TABLE 1

EXPLORATORY TUBEWELLS ORGANISATION SET UP

N.B. Pump installation crews headed by Pump Foremen are also provided in the division.

1515 E - Nov.1962 - 1,600

E/CONF.39/A/225
31 Oct.1962
ORIGINAL : ESPAÑOL

CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS
SOBRE LA APLICACION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA
EN BENEFICIO DE LAS REGIONES MENOS DESARROLLADAS

Punto del programa : A.4.2.5

México

UTILIZACION DE NUEVAS FUENTES DE ENERGIA

Por Jesús RUIZ ELIZONDO,
Co-Director de Exploraciones,
Comisión Nacional de Energía Nuclear,
México

Las monografías presentadas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología en Beneficio de las Regiones Menos Desarrolladas constituyen documentos de trabajo de dicha Conferencia. Se publican tal como han sido presentadadas por los colaboradores y los puntos de vista expresados en ellas corresponden a los colaboradores. (Véanse notas al dorso.)

NOTAS

1. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Generales serán distribuidas en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

2. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Especiales serán distribuidas en la Conferencia únicamente en uno de los idiomas oficiales antes indicados.

3. Los resúmenes de las monografías presentadas por los colaboradores serán distribuidos en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

4. No se procederá a la distribución general de las monografías y resúmenes con antelación a la Conferencia. Unicamente serán publicadas en cantidades limitadas con antelación a la Conferencia para uso exclusivo de las delegaciones de los gobiernos participantes y de otros participantes autorizados. La publicación con posterioridad a la Conferencia y la distribución general de las actas y debates de la Conferencia seguirán las prácticas de las Naciones Unidas establecidds por ia Junta de Publicaciones de las Naciones Unidas.

Utilización de Nuevas Fuentes de Energía.

por Jesús Ruiz Elizondo.
Co-Director de Exploraciones
Comisión Nacional de Energía Nuclear. México.

1. En el mapa de la Fig. I se observa la ubicación de los principales recursos energéticos del país. Se han delimitado las zonas petrolíferas incluyendo campos de petróleo y de gas, de acuerdo con los últimos datos de Petróleos Mexicanos. En 1961 se estimaba que el 92% de gas de la energía total consumida en el país provenía del petróleo y con las reservas calculadas se pensaba que en un término de 25 a 30 años, de no haber descubrimientos importantes en el futuro, las cantidades de petróleo disponibles no podrían abastecer la demanda de energía.

2. El aprovechamiento del carbón ha sido más y más eficiente conforme ha pasado el tiempo. En 1929 se necesitaban 1.5 kilogramos de carbón para obtener 1 Kwh; en la actualidad la eficiencia ha aumentado, reportándose en Estados Unidos a razón de 0.4 Kg/kwh. La situación geográfica de los mantos carboníferos de la República se observa concentrada en Coahuila, Sonora y Oaxaca, principalmente. (Fig. I). Al ritmo actual del consumo de carbón en distintas industrias, principalmente la termoeléctrica, la del acero y la petroquímica, así como una parte menor para uso doméstico, ha permitido emitir la opinión de que dispone de materia prima suficiente, para un período de más de 150 años.

3. En ambas vertientes se indican las principales corrientes hidrológicas cuya capacidad potencial estimada es respectivamente, para el Pacífico, $3{,}481 \times 10^3$ Kw, para el Golfo - - $3{,}027 \times 10^3$ Kw. En 1960, de esa capacidad se aprovechaba únicamente, para la vertiente del Golfo 6 %, y en el Pacífico 12.0 %, pero se opina que para 1966 ese porcentaje habrá aumentado considerablemente, merced a contínuos aprovechamientos hidroeléctricos actuales.

4. De acuerdo con algunos trabajos presentados en la Conferencia de Nuevas Fuentes de Energía, celebrada en Roma en agosto de 1961, la energía nuclear, por su avance tecnológico, alto costo de inversiones para su producción, incluyendo instalaciones y combustible nuclear para generar grandes potencias, y una preparación especializada para su uso, manejo y distribución, no se le consideró dentro del mismo rango de nuevas fuentes energéticas como se entendió la solar, la del viento y geotérmica, las que en comunidades relativamente pequeñas de 1000, 5000 ó 10,000 habitantes en países subdesarrollados, podrían adaptarse a cubrir deficiencias de energía y así mejorar condiciones de vida a sus habitantes, adaptándose a las condiciones económicas, particulares de las regiones subdesarrolladas; esto no obstante que el aprovechamiento de la energía nuclear se estudia desde 1947, siendo por lo mismo una fuente joven, i.e., nueva en relación a "edad". En la Fig. I se indican las principales áreas, señalando los yacimientos más importantes cuyo conjunto en la actualidad permite conocer la existencia de unas 865,000 toneladas de mineral de uranio de 0.117%, entre positivo, probable y posible. Los trabajos actuales de la Comisión están encaminados a realizar los experimentos necesarios para ubicar adecuadamente y de una manera oportuna, la energía nucleoeléctrica complementando a la de las fuentes convencionales ya mencionadas con anterioridad. Algunas informaciones de los precios por Kwh a partir de cada una de las fuentes mencionadas, es la siguiente:

Comisión Federal de Electricidad:	Hidroeléctrica:	8 - 10 centavos Kwh M.N.
Comisión Federal de Electricidad:	Carbón:	menos de 40 centavos Kwh (térmica) M.N.
Comisión Federal de Electricidad:	Diesel (térmica)	40 centavos Kwh M.N.
Estado Unidos:	Nuclear	7.3 centavos (Dresden, Ohio) M.N.

a) Se sabe que en algunos países los precios de producción de energía eléctrica derivada del átomo a escala experimental, ya han alcanzado niveles de competencia económica con -- los correspondientes a los de las fuentes tradicionales.

5. En el mismo mapa de la Fig. I se observa la ubicación de algunas fuentes geotérmicas en México. Italia, Nueva Zelanda, Islandia, Japón, México, Rusia y El Salvador, son los países que han dedicado estudios para conocer sus recursos geotérmicos. Italia es el más avanzado en este tipo de aprovechamientos, y a partir del vapor endógeno cuenta con una - capacidad instalada de más de 400 000 Kw, principalmente en Larderello. Se necesitan de 7 a 10 kilogramos/hora de vapor para obtener 1 Kwh, y el precio de éste, muy barato por - cierto, resulta a $ 0.035 - $ 0.045 en pesos mexicanos. De acuerdo con Alonso (#), en el año de 1955, se estableció en México la Comisión de Energía Geotérmica, que tiene por objeto la investigación y aprovechamiento de los recursos geotérmicos en la República, iniciando los estudios y perforaciones en la zona de Pathé, Estado de Hidalgo y obteniendo - los primeros resultados favorables en el año de 1956, al brotar vapor del pozo No. 1. Posteriormente, además de esta área, se principió a perforar en Ixtlán de los Hervores, en - el Estado de Michoacán y últimamente se han comenzado las investigaciones en Mexicali, Baja California. En las tres zonas, hasta ahora en proceso de estudio y perforación, se ha obtenido vapor, siendo la más avanzada la de Pathé, donde se ha instalado una pequeña --- planta piloto, la que está generando energía eléctrica desde noviembre de 1959.

a) Las zonas de Pathé e Ixtlán de los Hervores se encuentran localizadas en el centro -- del país, dentro de la Cordillera Neo-Volcánica, coincidiendo el rumbo de sus fracturas - con la orientación de sus volcanes y con el de la prolongación de la gran fractura Clarión, que penetra de oeste a este, en la República Mexicana a esa latitud. Están formadas por rocas ígneas extrusivas cuya edad varía del Mioceno al Reciente, y atravesadas -- por una serie de fallas y fracturas de dirección predominante noreste-suroeste, que probablemente aprovechan el vapor para llegar al estrato almacenador y a la superficie.

b) En la zona de Pathé se han perforado en total 13 pozos, 8 para producción de diámetro grande (28" en su iniciación) y 5 con barrena de diamante. De ellos se ha obtenido vapor en 3 hasta el momento, en uno de los cuales se ha aprovechado el vapor para conectarlo a la turbina experimental instalada. En estos pozos se han tenido gastos bajos de producción y temperaturas no mayores de 150°C.

c) En Ixtlán de los Hervores, en Michoacán, se han perforado únicamente 2 pozos. En ambos ha brotado vapor con agua.

d) El área de Mexicali se encuentra situada en el delta del Río Colorado, en el Estado - de Baja California y está formada por material de aluvión e intrusivos principalmente graníticos. Se supone que esta zona se encuentra dentro del área del sistema de fallas San Andrés-Chapala y se caracteriza por una morfología casi plana, en la que sobresalen las - sierras formadas por los intrusivos graníticos antes mencionados. La cruzan una serie de fallas y fracturas con dirección predominante noroeste-sureste y otro sistema secundario que sigue un rumbo casi perpendicular al anterior. Se han perforado en el área 2 pozos - con profundidades de 500 a 700 metros, habiéndose obtenido vapor en uno de ellos. Esta - zona de Mexicali reúne las características geológicas más favorables para el almacenamiento del vapor endógeno en el subsuelo, ya que está constituída en su superficie por un material impermeable (que no permite el escape del vapor) formado por material de acarreo y arcillas del delta del Colorado; y se opina que existe una trampa de almacenamiento de -- este vapor, que podría estar formada por el intrusivo fracturado, el cual puede ser parte

del que aflora en las Sierras de Los Cucapá, del Mayor y de Las Pintas. Además, por encontrarse en una zona en la cual no existen otras fuentes aprovechables de energía, y en uno de los extremos de la futura línea de transmisión que construye la Comisión Federal de Electricidad Rosario-Mexicali-Ruiz Cortínes será de gran ayuda para satisfacer las demandas que el crecimiento industrial de esta zona pueda presentar y que no pudieran ser cubiertas completamente por la futura planta termoeléctrica de Tijuana.

e) Estas áreas que se acaban de mencionar son las que al presente se encuentran en exploración y perforación. En cuanto al país, en general existen indicios de energía geotérmica a lo largo de la zona montañosa conocida como Cordillera Neo-Volcánica, en la Sierra Madre de Chiapas, en la Sierra Madre Occidental y en la Península de Baja California.

f) Se debe recordar que en Larderello, Italia, existe una sola zona geotérmica en la que hay una capacidad instalada cercana a los 400,000 Kw, con una producción anual de 2,700 millones de Kwh, aproximadamente. Por lo tanto, si se efectúa una evaluación de todas las áreas en el país en que probablemente se pueda explotar y aprovechar la energía endógena del subsuelo, se puede esperar para el futuro un gran desarrollo de potencial eléctrico que ayudará a satisfacer el problema de la demanda creciente de energía eléctrica de México.

6. Energía del viento.- Esta fuente de energía que es una de las más viejas aprovechadas por el hombre, es objeto de intenso estudio para su aprovechamiento en buena parte del Mediterráneo, incluyendo España, el norte de Africa, Israel, así como otros países. Se trata de aprovechar la energía cinética de una masa de aire que pueda transformarse en energía mecánica y a su vez en energía eléctrica, mediante los mecanismos apropiados. El conocimiento que se tenga de la abundancia de viento y de su velocidad, así como de las disponibilidades de otras fuentes de energía, servirá para escoger sitios de aprovechamiento. Caracteriza esta fuente su irregularidad y en general son las costas donde normalmente hay una mayor cantidad de viento. Las condiciones de óptimo aprovechamiento deben realizarse para diferentes elevaciones del suelo por buenos períodos de tiempo.

a) En México es posible intensificar la utilización actual de la energía del viento, ya que en la actualidad se reduce a pequeños generadores para corriente contínua, trabajando en conjunto con grupos de baterías, y también se utiliza para elevar el agua de los pozos. El costo de esta energía se reduce a cargos fijos en virtud de que se trata de una fuente en donde el combustible está muy repartido y no cuesta. Es indudable que en algunas partes de México puedan obtenerse velocidades características que permiten la producción específica de energía, velocidades que pueden ir de 10 a 20 millas por hora. Dependiendo del tamaño de las instalaciones, se ha obtenido en otros países donde se han hecho experimentos el precio por kilowatt de 1 a 8 peniques por kwh, para instalaciones pequeñas; de 0.5 a 5 peniques por kilowatt para instalaciones medianas y 0.3 peniques por instalaciones grandes. (Un peso mexicano = 6.76 peniques). Las costas del Pacífico los litorales de la Península de Baja California y las regiones del Golfo, pueden aprovechar la utilización de energía eólica como característica complementaria a sus necesidades energéticas provistas por otros medios.

7. En la energía térmica de los mares se trata de aprovechar el conocimiento que se tenga de la existencia de enormes masas de agua situadas a niveles de temperaturas diferentes. Las condiciones necesarias para el aprovechamiento de la energía térmica de los mares, es un desnivel térmico de alrededor de 20°C como mínimo y dependiendo de la técnica utilizada que se escoja pueden recuperarse subproductos que abaratan la producción de energía, como son la obtención de agua dulce, sal, o cantidades de agua fría, para mejorar el clima

de las zonas tropicales. La característica común de utilización de la conversión de energía consiste en la utilización mecánica mediante superficies móviles interpuestas (álabes de turbinas) de la presión que ejerce en un recinto cerrado el vapor de agua que emana de la fuente caliente bajo la atracción de la fuente fría hacia la cual se precipita, para ir a condensarse en ella. El tipo de toma para el agua fría tiene influencia en los diseños que se ven en la central, distinguiéndose varios casos de acuerdo con la manera como se efectúe la toma. El tamaño mínimo de una central es para 3,500 kilowatts, según lo demuestran los estudios franceses. En general las inversiones para una central termotalásica puede ser 3 a 4 veces inferior a la que se necesita para una central térmica de tipo clásico.

c) La zona geográfica conveniente para la instalación de centrales que aprovechen la energía térmica de los mares, se producen en una franja limitada por isoterma de 25° que prácticamente coinciden con los trópicos. En México pueden señalarse como zonas ventajosas, la costa oriental en Tampico y en la costa occidental varios lugares entre Mazatlán y Guatemala.

8. Energía de las mareas.

a) Un país como México, con amplio desarrollo de litorales, supone que las mareas deben constituir una fuente de energía digna de estudio. Aunque en términos generales puede decirse que hacia el Atlántico la pendiente continental de suave inclinación no augura muchos lugares que por sus condiciones topográficas pudieran constituir zonas de aprovechamiento maremotriz, sin embargo, hacia el Pacífico las oportunidades que se presentan en este campo deben ser mucho mayores, sobre todo en los litorales del Golfo de California. La amplitud de la marea, como es sabido, se define como la diferencia del nivel del mar entre una baja mar y la pleamar siguiente. Las principales características de las mareas son las que tienen que ver con periodicidad entre cada 24 horas. La energía utilizable es la energía de posición del agua entre la pleamar y la bajamar. Por tanto, cuanto mayor sea la amplitud de la marea, de más energía se podrá disponer.

b) Como se enunciaba al comienzo de este tópico, es indispensable disponer de un almacenamiento natural de agua, el cual puede ser una bahía, estero o depresión costera favorable que, indudablemente, son más comunes en la costa occidental de México que en el Atlántico.

c) En la utilización de esta fuente de energía se toma en cuenta que existen ciclos de efecto simple o de doble efecto, según que se aproveche la energía de posición de agua cuando ocurra el desagüe, (regreso al mar) o bien cuando se aproveche dicha energía para mover turbinas tanto a la entrada como a la salida de la bahía o depresión natural.

d) En la siguiente tabla se presentan para 1960 y 1961, las amplitudes anuales de marea en distintas localidades de la República, información que ha sido proporcionada por el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México.

e) Se observa que sería el Golfo de California el lugar donde se deben buscar zonas apropiadas para la instalación de plantas maremotrices, aunque no fueran de gran capacidad; ya que en el año de 1953, en Punta Peñasco, la amplitud fue de 5.95 mts., cantidad que es excepcional. Parece ser que los sitios ventajosos son la desembocadura del Río Colorado y la región comprendida entre la Isla del Tiburón y la tierra firme de Sonora (#). Lo

más probable es que puedan construírse plantas maremotrices de pequeña capacidad. Aunque esto es importante por la cercanía a Baja California, zona del país que no tiene fuentes de energía propia en cantidad suficiente para sus necesidades, pues hay que importar energía eléctrica de la zona froteriza. La explotación de esta fuente de energía es digna de estudio para proporcionar facilidades energéticas a una de las regiones del país más difíciles de hacer prosperar por la falta de energía propia. Los estudios llevados a cabo — en Francia, en el Reino Unido y en Estados Unidos, dan cuenta de que es económicamente aprovechable en varios lugares como en Chausey, Sedern y Passamaquoddy, respectivamente, - la energía natural de las mareas. La oportunidad que se le presenta a México con las — condiciones en el norte-oeste hacen prever que esa zona del país podrá contar con energía intermitente, merced a plantas de pequeña capacidad instaladas en sitios adecuados.

DATOS EN RELACION A LAS MAREAS DE LOS LITORALES MEXICANOS

NIVEL DE MAREA MEDIA

PLEAMAR	BAJAMAR	
Mts.	Mts.	Año - Localidad
1.628	1.131	1960 - Acapulco
1.627	1.142	1961 - Acapulco
2.385	1.870	1960 - Manzanillo
2.352	1.826	1961 - Manzanillo
1.899	0.771	1960 - Salina Cruz
1.877	0.778	1961 - Salina Cruz
2.682	2.133	1960 - Guaymas
2.693	2.144	1961 - Guaymas
2.011	1.186	1960 - Topolobampo, Sin.
2.045	1.216	1961 - Topolobampo, Sin.
2.138	1.402	1960 - La Paz
2.050	1.369	1961 - La Paz
2.203	1.037	1960 - Ensenada
2.171	1.035	1961 - Ensenada
2.631	1.731	1960 - Mazatlán
2.610	1.710	1961 - Mazatlán
1.713	1.425	1960 - Alvarado
1.754	1.438	1961 - Alvarado
0.618	0.288	1960 - Tampico
2.039	1.712	1961 - Tampico
1.465	1.099	1960 - Tuxpan
1.510	1.141	1961 - Tuxpan
1.431	1.004	1960 - Progreso
1.491	1.055	1961 - Progreso
1.628	1.249	1960 - Veracruz
1.668	1.278	1961 - Veracruz
1.724	1.428	1960 - C. del Carmen
1.753	1.447	1961 - C. del Carmen

(#) Alonso Espinosa, Autor.- "Desarrollo del vapor geotérmico en Italia y posibilidades de aprovechamiento en México".
Boletín Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, Vol. XIII, Nos. 11 y 12, Nov. - Dic. 1961, p. 554.

(##) Torres H. Francisco, Autor.- "Disponibilidad de energía en México". C.F.E. 1958. - Inédito.

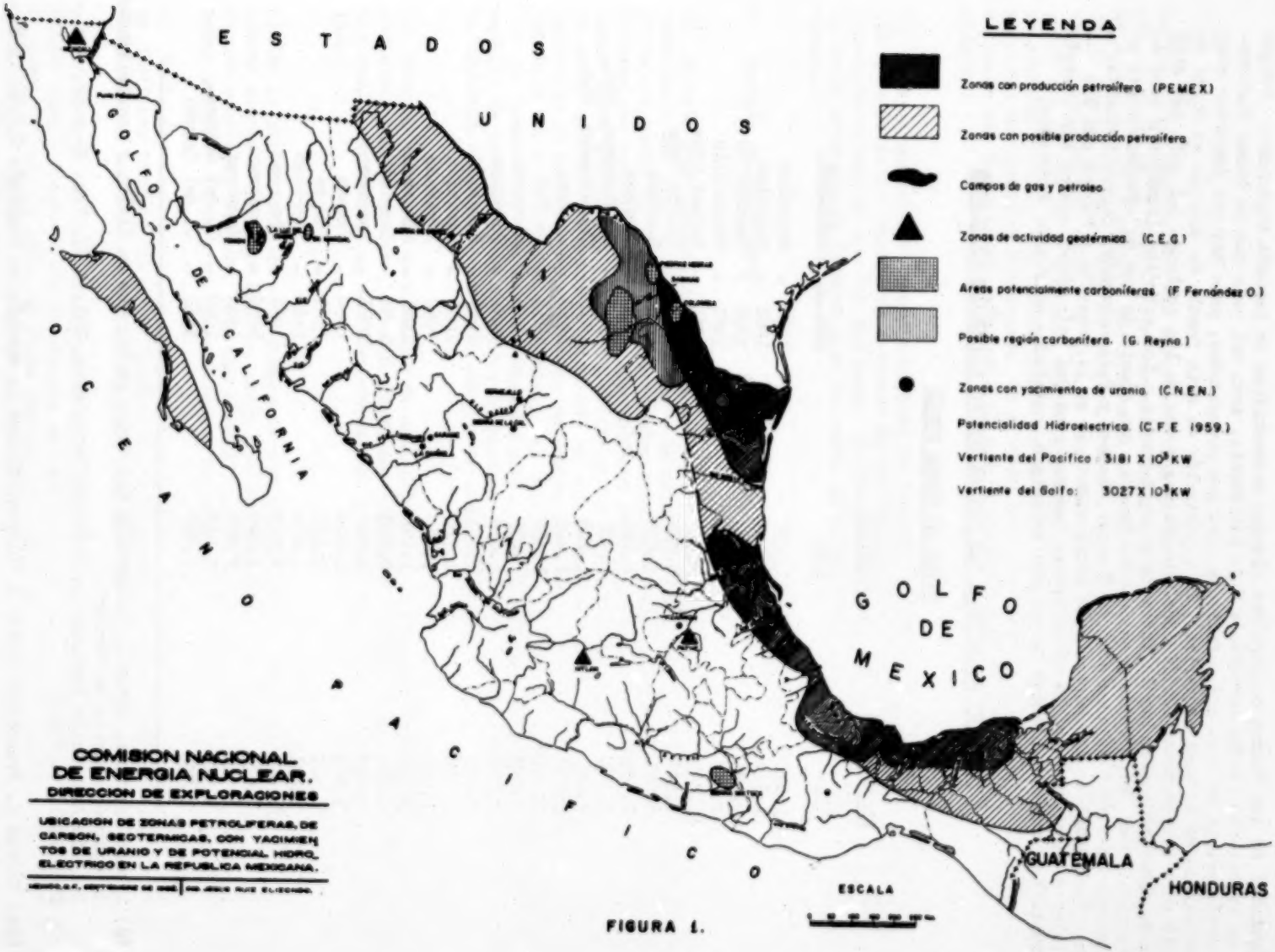
E S T A D O S
U N I D O S
GOLFO DE CALIFORNIA
O C E A N O
P A C I F I C O
G O L F O
D E
M E X I C O
GUATEMALA
HONDURAS
ESCALA
LEYENDA
Zonas con producción petrolífera (PEMEX)
Zonas con posible producción petrolífera
Campos de gas y petróleo
Zonas de actividad geotérmica (C.F.E.)
Areas potencialmente carboníferas (F. Fernández O.)
Posible región carbonífera. (G. Reyna)
Zonas con yacimientos de uranio (C.N.E.N.)
Potencialidad Hidroeléctrica. (C.F.E. 1959)
Vertiente del Pacífico: 3181 X 10³ KW
Vertiente del Golfo: 3027 X 10³ KW
COMISION NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR.
DIRECCION DE EXPLORACIONES
UBICACION DE ZONAS PETROLIFERAS, DE CARBON, GEOTERMICAS, CON YACIMIENTOS DE URANIO Y DE POTENCIAL HIDROELECTRICO EN LA REPUBLICA MEXICANA.

FIGURA 1.

1179 S - Nov. 1962 - 600

E/CONF.39/A/226
31 Oct.1962
ORIGINAL : ENGLISH

UNITED NATIONS CONFERENCE
ON THE APPLICATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
FOR THE BENEFIT OF THE LESS DEVELOPED AREAS

Agenda Item: A. 3. 2. 3

United Kingdom

SOME CONSIDERATIONS FOR THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF IRRIGATION HEADWORKS IN SOUTH ARABIAN WADIS

By R. F. CAMACHO,
B. Sc., M. I. C. E., M. I. W. E.

and T. K. BATEMAN,
B. A., B. A. I., A. M. I. C. E.,
A. M. I. W. E.

Papers have been contributed to the United Nations Conference on the Application of Science and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas as working papers for that Conference. They are published as presented by the contributors, and the contents and the views expressed are those of the contributors. (See notes overleaf.)

NOTES

1. Papers selected for inclusion in General Sessions will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

2. Papers selected for inclusion in Specialized Sessions will be available at the Conference in only one of the above official languages.

3. Summaries of all papers, as submitted by contributors, will be available at the Conference in the following official languages of the United Nations: English, French, Russian and Spanish.

4. Papers and summaries will not be available for general distribution in advance of the Conference. They will be published in advance in limited quantities only for the use of delegations of participating governments and of other authorized participants. Post-Conference publication and general distribution of the Conference Proceedings will follow United Nations practices as laid down by the United Nations Publications Board.

SOME CONSIDERATIONS FOR THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF IRRIGATION HEADWORKS IN SOUTH ARABIAN WADIS

by

R.F. CAMACHO, B.Sc., M.I.C.E., M.I.W.E.

and

T.K. BATEMAN, B.A., B.A.I., A.M.I.C.E., A.M.I.W.E.

The Aden Protectorate forms the hinterland of the Colony and Port of Aden situated on the south western corner of Arabia, and is bounded by the Yemen, the Rub el Khali desert of Saudi Arabia, Muscat and Oman, and the Gulf of Aden. It is an undeveloped area with a population of 660,000. The people largely depend for their livelihood on animal husbandry and agriculture, and have a depressed standard of living. The country is arid and mountainous, and of the total area of about 112,000 sq. miles, not more than 1% (700,000 acres) is cultivable. At present approximately 150,000 acres are cultivated , mainly in the larger wadis and their deltas, where layers of fertile alluvial silt have been deposited.

2. The catchments are rocky and steep and the annual rainfall, which may vary from 150-600 millimetres, is seasonal. This seasonal rainfall produces spate flows of short duration, and these are the main source of irrigation water. There is virtually no direct rainfall on the cultivable areas. There is a real need for more irrigated land on which a family can grow their own food and cultivate a cash crop. Cotton is the main cash crop and has become Aden's only agricultural export of value.

3. In this desert region, water is the vital necessity in any development aimed at improving living standards. Traditional irrigation methods are primitive but reasonably effective; however, in the particular geographic and economic circumstances there is an ever increasing demand for better irrigation facilities. At present the local farmers divert the spates on to their fields by building earth dams and deflectors across the wadis, but in high floods these are often washed away before the total acreage has been watered, and sometimes they cannot be rebuilt before the ensuing spates.

4. The territory relies largely on United Kingdom grants-in-aid to finance its development programmes, and with this assistance efforts are now being made to replace some of the more important traditional structures with permanent

works designed and constructed on accepted engineering principles. In order to do this certain basic data is required.

DATA FOR SCHEME EVALUATION

5. Before an administrative decision is taken to proceed with an irrigation project or work an engineering design and estimate together with an agricultural appreciation and an economic justification should be available. The engineering design and estimate would normally be based on preliminary investigations which should supply sufficient general information to enable a proper comparison to be made of the relative merits of competing schemes or works. The designs based on the preliminary investigation should not be considered as final, nor will the estimates for them be exact, but they must be adequate to obviate the need for extensive alterations later on if the scheme is accepted.

6. When the scheme is accepted further detailed surveys and investigations will be necessary before the final working drawings and estimates can be prepared. These will generally include the exact location of the irrigation structures and the alignment of all canals and watercourses, etc.

7. For the agricultural appreciation data will be required concerning the nature and extent of the irrigable area, soils and water classification, the crops to be grown and their projected cropping pattern, the anticipated rate of crop development, crop water requirements and expected yields etc. In addition, information concerning existing agriculture should be given including land ownership and size of farms; current land use and farm practices; the value, cost and net return of present crop production; crop marketing, processing and storage; and present land values.

8. An economic justification giving a preliminary estimate of the cost/benefit ratio could then be prepared from the information collected for a preliminary financing schedule and based on estimates of cost of water; estimates of annual revenue and costs; agricultural benefits, and estimates of increase in land values. Sometimes political factors will outweigh economic considerations when comparing the merits of competing schemes.

DATA FOR DESIGN

9. In the Aden Protectorate an important aspect of irrigation work is therefore the design and construction of permanent irrigation headworks in wadis to replace the temporary earth dams and deflectors built on traditional lines.

10. For this work an essential prerequisite is a large scale contoured map of the irrigable area with contour intervals of about 1m. With such a map, and knowing the cropping pattern and water requirements, the maximum discharge of the head regulator can be decided and the crest levels of the deflection weir and head regulators determined. In cases where contour maps are not available the existing irrigation system usually gives a reliable indication of what is required to decide the crest levels and discharge capacity of the

head regulators. Most of the cultivable areas in the Protectorate are covered by aerial photography and with a certain amount of ground control work and levelling sufficient information can be obtained for design purposes.

11. It is of fundamental importance to know the maximum flood flow that the weir will be required to pass. To assess the maximum flood flow with a reasonable degree of accuracy, the nature and extent of the catchment should be known and complete meteorological and hydrological records from suitable sites in the catchment should be available over a period of several years.

12. In the Protectorate the recorded information with regard to hydrology and meteorology is negligible and in order to assess the maximum flood on which the design should be based it is necessary to collect other information and to allow a larger 'factor of safety'. There is insufficient data even to calculate the average annual rainfall on the catchment area of any wadi, and an intensive questioning of the most responsible local inhabitants has to be carried out to ascertain the highest flood level within living memory and to have these high flood marks pointed out on the ground. By taking cross-sections to include the local high flood marks at the site of the structure, and again 1 mile upstream and 1 mile downstream, the high flood discharge may be calculated by determining the average cross-section and surface water slope using Kutters formula. To arrive at the design maximum flood it is advisable to increase the calculated high flood discharge by 20-30%.

13. Considerable savings in the initial cost of the structure and a greater degree of security may be achieved if adequate meteorological and hydrological information is available as a more accurate assessment of the maximum flood discharge and other flood characteristics can be made. Flood hydrographs have been prepared for the past few years from information recorded at the sites of a few recently constructed deflection weirs in various wadis, and these together with direct observation indicate that the flood characteristics in most of the wadis are similar and are of short duration (varying from an average of 5-20 hours) with a sharp peak. A knowledge of the flood characteristics is important when making provision for adequate structural safety, particularly with regard to the energy dissipators, freeboard etc.

HYDRAULIC DESIGN FACTORS

14. Having decided on the design maximum flood it is possible to calculate the maximum flood level by using the standard broad crested weir formula:-

$$Q = c\ B\ H^{3/2}$$

Rearranging: $H = \left(\frac{Q}{cB}\right)^{\frac{2}{3}}$ = total energy head above crest.

The head due to the velocity of approach $h_v = \frac{v^2}{2g}$ must be deducted from the total energy head (H) to get the maximum water level above the crest. An allowance for freeboard of 2 ft. to 3 ft. should be added to this level to obtain the top level of abutments, piers, flank walls, etc.

15. The minimum water level will be the weir crest level for a non-regulating

deflection weir. This information is required for computations of hydraulic gradients through the structure.

16. It is also necessary to know the river bed levels at the weir site and these can readily be obtained from the cross-sections. The depth of the average bed level below the crest of the weir will then be known.

17. The following basic factors necessary for the design of the weir in relation to surface and sub-surface flow must be decided.

Type of weir and canal headworks.
Afflux.
Width of waterway.
Discharge per foot run.
Crest levels.
'Silt factor' (f) of the bed material.

(a) Type of Weir and Canal Headworks.

Spate spreading in Aden is mostly carried out by deflection weirs which do not have control gates. These non-regulating weirs are often designed as broad crested weirs on permeable foundations. A canal head regulator incorporating a silt sluiceway is usually sited on each flank of the weir. The sluiceway serves to reduce the amount of stream bed load entering the canal head regulator and assists in maintaining a channel to it. However, the sluiceway gives little or no protection against the silt carried in suspension. This suspended silt will enter the canal and must be removed by silt ejectors downstream of the headworks. The sluiceway is generally placed normal to the axis of the weir so that its discharge will be parallel to the weir flow and in order that the canal head regulator should function effectively, it is set at an angle to the sluiceway. In the Aden Protectorate an angle of 30° between the axis of the sluiceway and the face of the canal head regulator has been used. This was a satisfactory choice for the particular features of the sites but this angle may be varied from almost 0 to 90 degrees and may best be determined by model studies if the magnitude of the work warrants the expenditure. The cills of the canal head regulator and sand sluice are generally about 1.0 ft. and 3.0 ft. respectively below the crest of the weir. With this arrangement and by providing a smooth pavement in the approach channel and a divide wall between the weir and the silt sluiceway, its scouring capacity is increased, and the flow of heavy sand in the lower layers is concentrated towards the sluiceway so that only the finer silt in the upper layers is admitted into the canal. Control of the sluiceway is sometimes effected by using timber 'needles', mainly on the grounds of economy, rather than a control gate.

(b) Afflux.

It is necessary to prepare a chart showing the headwater and tailwater rating curves. For broad crested weirs the headwater levels are decided as explained in para14. The tailwater levels can be calculated by taking cross-sections for some distance downstream of the structure, or until some permanent obstruction or restriction is encountered in the bed of the wadi. The tailwater depth at the weir can be ascertained by computing a backwater curve from the point of restriction, or by using any of the accepted open channel flow formulae. The difference between the headwater and tailwater rating curves (afflux) is then known. The afflux becomes very small when large spate flows

pass over low deflection weirs, a condition often encountered in Aden wadis, and the changes in afflux must be allowed for in the design of the weir. Whereas large flows may pass over the weir safely, detailed analysis will indicate that it is often the smaller discharges which are likely to do the damage and their size will become an important criterion in deciding the dimensions of the structure.

(c) Width of Waterway.

The length of the weir between the abutments of the canal head regulators, excluding the width of any piers, will give the effective width of the waterway and will largely be determined by the physical features of the site, but this width should compare favourably with the minimum stable width for the maximum flood discharge given by the Lacey formula:- $P_w = 2.67\ Q^{\frac{1}{2}}$, where P_w = minimum stable width in feet; and Q = maximum flood discharge in cusecs.

(d) Discharge per foot run.

In India for weirs founded on alluvial sands or shingle the safe rule has been to provide sufficient waterway to pass the maximum flood discharge with an afflux not exceeding 3 ft. The smaller the design maximum discharge per foot run, the smaller will be the dynamic action of the water and the depth of scour; the length and thickness of the pervious and impervious floors will also be less. The cost of providing a longer weir with a lighter cross-section must be compared with that of a shorter weir with a heavier cross-section.

(e) Crest Levels.

The crest level of the weir is related, as stated in para.17(a), to the cill level of the canal head regulator which in turn is established from the topographical features of the irrigable area to be commanded.

(f) Silt Factor 'f' of the bed material.

In order to determine the depth of scour likely to occur upstream and downstream of the weir during a maximum flood, it is necessary to know not only the maximum discharge per foot run, but also Lacey's[1] silt factor (f) for the wadi bed material at the weir site. The silt factor is related to the mean particle diameter (m) of the bed material by the formula $f = 1.76m^{\frac{1}{2}}$ where 'm' is in mm. The silt factor can therefore be computed after carrying out a sieve analysis on a representative sample of the bed material from the site of the weir to determine the mean particle diameter in millimetres.

DESIGN OF WEIR FOR SURFACE FLOW

18. To design a non-regulating broad crested weir on a permeable foundation, a series of calculations will have to be made for the various conditions of discharge in order to determine:-

The length of crest.
The position and details of the standing wave.
The dimensions of the energy dissipator and appurtenances.
The depth of scour in relation to the depth of sheet piling, and length of flexible apron.

19. An example of the procedure used in designing the Bateis Weir, Wadi Hajr, may serve to indicate how these details may be determined.

For design maximum discharge:-

Q = 58000 cusecs.
B = 650 ft. (length of waterway)
L = 1 ft. (afflux)
Crest level = 37.20
Slope of glacis (2) 1 in 5

(a) To determine upstream water level:

Discharge/ft.run $q = \frac{Q}{B} = \frac{58000}{650} = 89$ cusecs

Value of c = 3.1 in formula $Q = cBH^{3/2}$
where c = coeff. of discharge
and H = total energy head above crest (ft.)
The value of c increases from about 3.0 to 3.1 as the intensity of discharge increases (3).

$H = \left(\frac{q}{c}\right)^{\frac{2}{3}} = \left(\frac{89}{3.1}\right)^{\frac{2}{3}} = 9.30$ ft.

Velocity of approach $v = \frac{q}{H} = \frac{89}{9.3} = 9.6$ ft./sec.

Velocity head $h_v = \frac{v^2}{2g} = \frac{92}{64} = 1.44$ ft.

Therefore depth on crest $= H - h_v = 7.86$ ft.

Upstream water level $= 37.20 + 7.86 = 45.06$.

(b) To determine length of crest:

Let length of crest = 2H = 2 x 9.30 = 18.60

(c) To determine position and details of standing wave:

Slope of glacis 1 in 5
Critical depth $C = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{\frac{1}{3}} = 6.2$ ft.

Afflux L = 1 ft. $\frac{L}{C} = \frac{1}{6.2} = 0.162$

Reference Plate V in Vol.III of "Irrigation Engineering" by K.R.Sharma -

For $\frac{L}{C} = 0.162$; $\frac{K+F}{C} = 1.870$; $\frac{x}{c} = 0.635$; $\frac{Y}{c} = 1.485$

where K = (H) Total upstream energy head
F = Elevation of crest above point of formation of standing wave
L = Loss in head in standing wave
x = Depth of flow upstream of wave
y = Depth of flow downstream of wave.

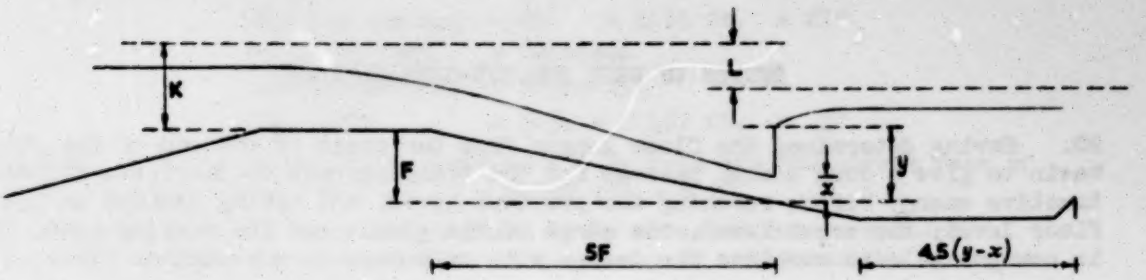

Figure I

Therefore F = 1.870 C-K = 1.870 x 6.2 - 9.3 = 2.3

and jump will occur 5 x 2.3 = 11.5 ft. horizontally from top of glacis.

x = 0.635C = 3.94 ft. y = 1.485C = 8.60 ft.

Downstream water level = 45.06 - 1.00 = 44.06

Jump height elevation for this discharge:

= crest elevation - F + y = 37.20 - 2.30 + 8.60 = 43.50

Min. floor level = Downstream water level - y = 44.06 - 8.60 = 35.46

The above calculations are repeated for various discharges throughout the range and a design adopted which satisfies all flow conditions.

(d) To determine the dimensions of the energy dissipator and appurtenances:

(i) The following table prepared for the Bateis Weir shows the length of the stilling basin[4] required for various discharges under the set of hydraulic conditions for which the structure was designed (See Figure I).

Discharge in cusecs.	x ft.	y ft.	y-x ft.	4.5 (y-x) ft.	5F ft.	5F + 4.5 (y-x) ft.	
58,000	3.94	8.60	4.66	21.0	11.50	32.50	
45,000	2.82	9.20	6.38	28.6	23.95	52.55	
30,000	1.74	7.74	6.00	27.0	31.20	58.20	
14,500	0.87	5.62	4.75	21.4	37.50	58.90	(60' (provided
5,000	0.30	3.32	3.02	13.6	41.25	54.85	

It will be seen that about 60 ft. is required horizontally from the top of the glacis to the end of the stilling basin and as the glacis is 40 ft. long, a stilling basin length of 20 ft. was adopted.

(ii) The significant discharge on which the design of the stilling basin appurtenances should be based would appear to be about 14,500 cusecs and from Elevatorski's recommended dimensions[4] the following figures were obtained:

For Q = 14,500 cusecs; x = 0.87 and y = 5.62

Chute Blocks: Block height = x = 0.87 ft. = 10"
Width of block = $\frac{3}{4}$x = 0.65 ft. = 8"
Spacing of block = $\frac{3}{4}$x = 0.65 ft. = 8"

DESIGN OF WEIR FOR SUB-SURFACE FLOW

20. Having determined the floor length from the crest to the end of the stilling basin to give a long enough passage for the standing wave to dissipate its destructive energy before reaching the pervious apron, and having decided on the floor level, the crest level, the slope of the glacis and the working head, it is now possible to complete the design with reference to sub-surface flow.

21. Two essentials remain to be considered for the weir design, namely: the uplift pressures on the weir floor and the exit gradient. These two essentials are inter-connected. For any given foundation profile of a weir in a given class of soil, there will be a definite distribution of pressure and a definite exit gradient. To safeguard against undermining, the exit gradient must not be allowed to exceed a certain safe limit, generally 1/5 to 1/7. The uplift pressures must be kept as low as possible, consistent with safety at exit, so as to keep floor thickness to a minimum.

22. From practical considerations and particularly to avoid a costly dewatering operation it was necessary to restrict the depth of the downstream curtain wall to about 6 ft. This cut off depth together with an acceptable exit gradient determined the overall length of the impervious apron. The exit gradient was checked for various lengths of impervious apron under the worst hydraulic condition i.e. the 'no flow' condition with water at crest level and the wadi dry downstream. The head across the structure was then 9 ft. By these trial and error methods a suitable length of impervious apron was found to be 100 ft. Plate No.XLVIII in "Handbook of Instructions for the Design of Lined and Unlined Channels and Masonry Works", Bhakra Nangal Project(5), is a graph for determining exit gradients. Referring to this chart for $\frac{H}{d} = \frac{9}{6} = 1.5$ and $\frac{b}{d} = \frac{100}{6} = 16.7$ then $G_e = 0.162 = \frac{1}{6.2}$. This factor of safety (6.2) is within acceptable limits.

23. It now remains to determine the thickness of the impervious apron with reference to uplift pressures and the standing wave. The floor may be designed as a purely gravity section at each point to withstand the indicated pressure at the various points acting on the entire base area. The tension of the floor concrete or masonry will be an additional safeguard and afford a useful factor of safety.

24. The maximum uplift for which the floor will have to be designed will be affected by the standing wave trough and in determining the thickness of the floor for the trough the following points should be taken into consideration. The actual position of the standing wave occurs some distance (y-x ft.) upstream of the calculated position and therefore the actual depth of trough will be somewhat smaller than calculated. The uplift pressure due to the maximum depth at the trough should not be treated as a point load since the floor slab has always got some beam action and may be designed in sections for the average uplift over each section. The maximum pressure may be taken as three quarters of the actual maximum to allow for this distribution of pressure. Due to the downward force exerted on the floor by the jet of water flowing down the glacis, which is equal to the rate of change of momentum in the vertical direction, the thickness of the floor in the vicinity of the toe may be reduced.

Baffle Piers:	**Height**	**= 2.5x = 2.19 ft.**	**= 26"**
	Width & spacing	**= 2x = 1.75 ft.**	**= 21"**
	Upstream face	**= Vertical**	
	Downstream face	**= Slope 1:1**	
	Top width	**= 0.5x = 0.437 ft.**	**= 5"**

The baffles will be located at a distance = 0.9y from the downstream face of the chute blocks: 0.9y = 0.9 x 5.62 = 5.058 ft. = 5 ft.

These baffle piers will have to withstand heavy abrasion due to running boulders and shingle in water, and it is necessary to reinforce the upstream face and corners to meet this attack.

End Cill: Height = 0.2y = 0.2 x 5.62 = 1.12 ft.
Horizontal top width = 0.04y = 0.04 x 5.62 = 0.225 ft.
Upstream face - Slope 1:2. Downstream face - Vertical.

(e) To determine depth of scour in relation to depth of sheet piling and length of flexible apron.

Q = 58000 cusecs. q = 89 cusecs.

Assuming crest level as zero datum:

Downstream Floor level	**= - 8.0**
Upstream H.F.L.	**= + 7.86**
Downstream H.F.L.	**= + 6.86**

The bed material at the site varies from coarse sand to shingle and boulders. The Lacey silt factor (f) of the bed material was 7.1 and was determined as described in para.17(f).

For a regime flow the value of the hydraulic mean depth "R" in terms of "q" and "f" is given by the following Lacey equation:-

$$R = 0.9 \frac{(q^2)^{\frac{1}{3}}}{(f)} = 0.9 \frac{(89^2)^{\frac{1}{3}}}{(7.1)} = 9.36 \text{ ft.}$$

Depths of scour to be guarded against, in terms of "R", are specified on page 152 of C.B.I. Publication (2) No.12. For the design of sheet piles it will be enough to take the piles to a depth of scour equal to "R". For the design of flexible aprons upstream and downstream of the weir, the depth of scour to be guarded against should be 1.5R and 2R respectively to suit local concentrations of flow. These scour depths are measured below the maximum flood levels. In the design of the sheet piling the significant factor was the exit gradient and not the depth of scour.

For the design of flexible aprons:

Upstream depth of scour	**= 1.5 x 9.36 = 14 ft.**
Downstream depth of scour	**= 2 x 9.36 = 19 ft.**

By providing a sloping floor upstream taken down 6 ft. below the crest of the weir and ending with an 18 inch deep toe wall, the scour depth of 14 ft. was guarded against and no flexible protection was considered necessary upstream.

On the downstream side the scour depth of 19 ft. was 4 ft. below the floor level of the stilling basin. To provide flexible protection against this scour, at a slope of 1:2, a length of apron of approximately 9 ft. is required and it was decided to use stone filled gabions 10 ft. long x 1.5 ft. deep.

25. The position of the standing wave, with water profile and hydraulic gradient lines for various stages of flow, as previously calculated, can be superimposed on a cross-section of the weir and a graphical solution for the maximum uplift for which the floor must be designed can be obtained from the resulting diagram. The thickness of the floor may be made equal to three quarters of the maximum differential head of water in feet and with a weight ratio of 62 to 88 (water to mass concrete in water) this provides a factor of safety of 1.4.

CONSTRUCTION

26. Generally speaking modern construction techniques have so far been little used in the Aden Protectorate but the people are very skilled at making the fullest use of local materials and the quality of masonry work in particular is very high. Bearing this in mind and taking into account the shortage of skilled supervisory staff, structural design must incorporate as far as possible masonry and mass concrete work and avoid wherever possible reinforced or pre-stressed concrete. Although the standard of the masonry is high, the quality of the mass concrete is often low as grading of the aggregates is done in many cases by eye and general site control is poor. For these reasons, relatively low design stresses (500 lbs/sq.in.) for concrete are used. Sites are in many instances not easily accessible, communications are poor and the cost of transport of imported materials and equipment is therefore very high. Nevertheless, as relatively cheap labour is available and with the maximum utilisation of local materials, works can be executed at very reasonable costs and the general economy of the country benefits by reducing to a minimum the use of imported materials and plant.

REFERENCES

1. Lacey, G. Regime Flow in Incoherent Alluvium. Central Board of Irrigation, India. Publication No.20 (1939).

2. Khosla, A.N., Bose, N.K., & McKenzie Taylor, E. Design of Weirs on Permeable Foundations. Central Board of Irrigation, India. Publication No.12 (1954).

3. Sharma, K.R. Irrigation Engineering. 3 Vols. India Printers, Jullundur, India. (1948.)

4. Elevatorski, E.A. Hydraulic Energy Dissipators. McGraw Hill Book Company, Inc., New York. (1959).

5. Handbook of Instructions for the Design of Lined and Unlined Channels and Masonry Works. Bhakra Nangal Project. P.W.D. Punjab, India. (1954).

1512 E - Nov. 1962 - 1,600

E/CONF.39/A/227
1 Nov.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.1

France

PHOTO-INTERPRETATION ET INVENTAIRE DES RESSOURCES NATURELLES

Par Georges GUYONNAUD,
Ingénieur de l'Ecole Nationale Supérieure
de Géologie de Nancy,
Licencié ès Sciences,
Directeur général adjoint de GEOTECHNIP

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

PHOTO-INTERPRETATION ET INVENTAIRE DES RESSOURCES NATURELLES

Georges GUYONNAUD

Ingénieur de l'Ecole Nationale Supérieure de Géologie de Nancy

Licencié ès Sciences

Directeur Général Adjoint de GEOTECHNIP

Pour donner ou conserver à une population en continuel accroissement, le niveau de vie qui lui est dû, chaque nation doit intensifier la mise en valeur de ses ressources naturelles et cela le plus rapidement possible.

Pour ce faire, sont élaborés des plans d'équipement essentiellement conditionnés par cet impératif de rapidité. La première phase en est l'inventaire des ressources naturelles. Sans cette connaissance des possibilités énergétiques, minières, agricoles, forestières, etc... aucune planification n'est possible, et de plus il est difficile d'intéresser des capitaux publics ou privés à l'exploitation de ressources mal connues sinon inconnues. Cet inventaire n'échappe donc pas à la nécessité d'être établi dans les plus brefs délais et, bien sûr, dans les meilleures conditions d'économie.

Quelle que soit la nature des ressources à inventorier, la première étape essentielle doit être l'étude des conditions du milieu physique et humain. Les résultats de cette étude, pour être utilisables sont le plus souvent cartographiés, c'est-à-dire que les données géologiques, pédologiques, botaniques, hydrographiques, sociologiques, etc.. sont représentées en réduction et conventionnellement, par rapport à des faits topographiques.

Jusqu'à des temps encore récents, de telles cartes étaient dressées d'après les résultats de levés directs au sol. Leur établissement étant trop long, trop onéreux et peu précis, ces cartes étaient souvent négligées, et la mise en valeur d'une région entreprise à partir de données insuffisantes était un véritable " non sens " économique.

Aujourd'hui, de telles erreurs peuvent être évitées. Une technique moderne, la photo-interprétation, permet de satisfaire aux deux impératifs: rapidité-économie, et d'entreprendre une mise en valeur dans les meilleures conditions.

En effet la photographie aérienne est une image réduite d'une portion de la surface du sol. Elle en est la carte complète qui reproduit:

- les données qualitatives que recherchent le forestier, l'agriculteur le pédologue, le géologue, l'ingénieur, etc...
- les faits topographiques qui leur permettent de les cartographier.

C'est ce double caractère d'image fidèle et réduite de la surface du sol qui justifie l'utilisation de la photographie aérienne dans l'inventaire des ressources naturelles pour l'étude des données qualitatives de surface et leur cartographie.

ETUDE DES DONNEES QUALITATIVES DE SURFACE

Les spécialistes de chaque discipline recherchent à la surface du sol les faits géologiques, pédologiques, botaniques, etc... qu'elle traduit.

En observant la photographie aérienne, modèle réduit, précis, exact et complet d'une portion de territoire, ces spécialistes ont sous les yeux:
- une surface de 2 à 150 km2
- quantité de ranseignements qui correspondent à des "faits" de terrain.

Il leur suffit de les trier, de les élaborer, d'en rechercher la signification en termes de terrain, en un mot de les interpréter pour avoir une première idée sur ce territoire.

Il est aisé de saisir l'économie de temps et d'argent entraînée par l'utilisation d'un document qui, par un inventaire direct ou indirect de très nombreuses données sur plusieurs kilomètres carrés, et d'un seul coup d'oeil, va permettre au spécialiste:
- l'établissement d'un programme de travaux de terrain basé sur des éléments précis, étayé par des hypothèses valables et axé sur des problèmes délimités,
- des contrôles et révisions faciles en cours de travail,
- des interprétations sûres, des extrapolations raisonnées et fondées qui réduisent au strict minimum les travaux de terrain longs et onéreux en leur donnant le maximum d'efficacité.

C'est pourquoi, géologues, pédologues, forestiers, archéologues, ingénieurs, etc... doivent dans leurs études de surface utiliser la photographie aérienne.

Le géologue....

Toute prospection minérale, tout aménagement régional, toute étude de tracé routier et ferroviaire, toute implantation de barrage, ou d'ouvrages d'art, nécessite de connaître la géologie.

L'application de la photographie aérienne à la géologie et les résultats spectaculaires obtenus, ont provoqué la naissance de la photogéologie et, par là, de la photo-interprétation.

En effet, les données fondamentales de la connaissance géologique d'une région sont d'ordre structural, lithologique, et stratigraphique, car elles fixent les relations des phénomènes géologiques entre eux et leur continuité dans le temps et l'espace. Les éléments d'ordre paléontologique et pétrographique tirés du terrain et du laboratoire, leur sont subordonnés à titre d'accessoires même si, par leurs applications pratiques, ils font parfois figure d'auxilliaires importants.

Or, ces données de base concernant la nature et la structure du sous-sol se traduisent de façon visible à la surface de la terre. En effet le jeu de l'érosion est réglé par les propriétés physiques, chimiques et mécaniques, isotropes ou orientées, des roches du substratum et il est de plus tempéré ou accentué par leur sensibilité aux facteurs climatiques d'altération. Ces caractéristiques, plus ou moins spécifiques d'une lithologie, se répercutent donc dans le ravinement, le réseau hydrographique, le modelé en grand ou en petit dont la distribution et les formes ont ainsi un sens géologique précis, au même titre que certains traits de la végétation ou même de l'activité humaine.

De tous ces phénomènes extensifs, expression directe ou indirecte de faits géologiques, la photographie aérienne, et souvent elle seule, permet, par sa vision d'ensemble, à la fois l'observation, l'analyse et l'interprétation.

Ainsi, le géologue a, par l'examen préliminaire des photographies aériennes, la possibilité de reconnaître dès l'abord les caractères géologiques fondamentaux d'une région, leur cadre, leur extension, leurs relations mutuelles. Il acquiert une vue d'ensemble exceptionnelle des faits et des problèmes qu'il aura à examiner, car d'emblée il possède:

- un schéma géographique de la région,
- une esquisse structurale, charpente de l'édifice géologique, avec son style et les accidents qui l'affectent,
- la position générale et relative des grands ensembles lithologiques, caractérisés par un "faciès photogéologique" plus ou moins typique.

L'esprit d'une étude géologique est donc complètement transformé. Le géologue de terrain n'est plus une fourmi, solidaire du sol, qui récolte patiemment, suivant un itinéraire arbitraire, des renseignements souvent très précis mais toujours trop localisés, morceaux disparates d'un puzzle toujours incomplet. Au contraire travaillant avec des idées directrices et non en aveugle, il choisira en connaissance de cause les itinéraires les plus praticables et les plus féconds, il intégrera les documents recueillis, telles des chevilles, dans un édifice préexistant et toute son attention pourra se concentrer sur les points délicats ou douteux de son hypothèse de travail, pour la parachever par les corrections qu'appelle cette confrontation.

Le pédologue....

Tout plan d'aménagement agricole rationnel repose sur un inventaire des sols.

Chaque type de sol est défini par son profil vertical. En fait il se traduit non seulement par son aspect superficiel (teinte, homogénéité) mais aussi de façon indirecte par des caractères plus ou moins spécifiques de forme et de répartition de l'érosion, du réseau hydrographique, du modelé du terrain, de la végétation, parfois même par l'utilisation traditionnelle des terres par l'homme.

Or, la plupart de ces caractéristiques sont repérables sur photographies aériennes qui peuvent être utilisées pour préparer une recherche pédologique. Des ensembles seront positionnés et délimités sur photographies puis testés sur le terrain; éventuellement les critères d'interprétation seront rectifiés. Au moment de la rédaction du document cartographique final, les observations aériennes et terrestres seront synthétisées et souvent extrapolées à des régions non visitées directement.

L'utilisation des photographies aériennes devrait permettre de généraliser l'établissement des cartes pédologiques qui n'existent que sur une partie infime de la surface du globe... et de la France.

Le forestier...

La mise en valeur et l'exploitation rationnelle des ressources forestières jusqu'ici négligées, des zones subarctiques aux régions équatoriales, sont une nécessité. Or, les levés de reconnaissance forestière en vue d'un inventaire et d'une identification des espèces sont considérablement ralentis par les difficultés de pénétration et par la densité des cheminements indispensables pour compenser l'étroitesse du champ d'observation au sol. Il est donc logique de faire appel aux photographies aériennes et l'efficacité, la rentabilité de leur aide ne sont plus à démontrer dans ce domaine pour:

- délimiter et situer les grands types de forêts, tout en révélant certains éléments de leur identification (densité, taille, mode d'association). Une analyse plus complète sera obtenue par des travaux de terrain bien guidés et circonscrits.
- Identifier, dans bien des cas, les espèces ou les associations végétales typiques.

Ces possibilités sont largement développées d'une part par l'entraînement méthodique des photo-interprétateurs, d'autre part par l'amélioration des documents photographiques: prise de vue à grande échelle, emploi d'émulsions spéciales en noir et blanc et en couleur, époque de prise de vue judicieusement choisie.

Inventorier par des méthodes d'analyse systématique: comptage, mesure des hauteurs, intégration des surfaces, qui permettent d'établir des inventaires chiffrés, dans des conditions de rapidité, d'économie et de sûreté inconcevables jusqu'ici.

L'ingénieur...

Pour décider d'un programme de travaux en vue d'une exploration minière ou pétrolière, d'un tracé routier ou ferroviaire, d'un aménagement hydraulique... l'ingénieur doit disposer d'un ensemble de données qui résultent d'études de base géologiques, pédologiques, forestières, etc...

C'est dans ce cas que la photo-interprétation à sa pleine efficacité, puisqu'à partir du même document, la photographie, la plupart des données utiles à l'ingénieur peuvent être obtenues.

Quelques cas précis expliciteront mieux ce point de vue.

- Une voie ferrée est envisagée pour transporter le minerai de fer de GARA DJEBILET à la mer à travers 700 kilomètres de régions désertiques pratiquement inconnues. Une telle implantation exige un certain nombre de conditions

conditions topographiques	:	pentes inférieures à 0,5%
conditions de sol	:	résistance suffisante des sols traversés.
conditions de roche	:	proximité de matériaux pierreux
conditions géographiques	:	ensablement et érosion par les eaux. minima.

Un spécialiste d'interprétation, en étudiant les photographies aériennes a pu en deux mois:
- classer les sols en quelques catégories (alluvions récentes, alluvions anciennes, éboulis, regs, roches affleurantes...)
- choisir un nombre limité d'itinéraires satisfaisant aux conditions techniques de pente et de rayon de courbure,
- localiser les emplacements favorables à l'ouverture de carrières, soit pour l'enrochement du port de départ, soit pour l'approvisionnement en ballast,
- définir l'emplacement et l'importance des ouvrages à exécuter.

Une étude complémentaire lui permettrait d'estimer la force destructive des eaux courantes et l'importance de l'ensablement. Dans ces conditions 15 jours d'études au sol ont suffi pour préciser ces données et permettre de fixer un itinéraire.

- Depuis de longues années une reconnaissance au sol pour l'étude d'un tracé routier est systématiquement précédé d'un examen stéréoscopique des photographies aériennes de manière à sélectionner les différents tracés possibles et à limiter la reconnaissance au sol à la recherche du meilleur de ces tracés; cependant l'examen des photographies doit permettre davantage car le tracé adopté pour une route ne dépend pas que d'éléments topographiques, la nature des sols traversés et leur

"portance"; les gisements exploitables de matériaux améliorants doivent jouer quelquefois un rôle déterminant dans le choix final.
-Les exploitants agricoles français de plusieurs régions sont conscients de l'utilité de l'irrigation de leurs terres et envisagent la création de "lacs collinaires".Une étude des photographies permettrait de limiter considérablement ce vaste problème à quelques sites favorables que bien sûr des études de terrain détaillées en nombre restreint auront précisés.
-L'érosion élimine trop souvent les terres arables. En particulier les pays méditerranéens se préoccupent de ce problème qui amoindrit considérablement leur patrimoine agricole. Une étude sur photographies aériennes permet là encore de localiser les zones d'érosion, de les classer et souvent de positionner les moyens de lutte évitant de longs et coûteux levés au sol.
-Parmi les Etats jeunes, combien possèdent un inventaire des surfaces occupées par les divers types de végétation naturelle et artificielle et l'étude de leur répartition. Et cependant c'est un tel état descriptif qui permettrait
- un programme de mise en valeur agricole des nouvelles terres,
- un programme de reconversion et de remembrement des régions de vieilles cultures.
- une imposition judicieuse.
Pourquoi ne pas envisager l'utilisation des photographies aériennes pour établir un cadastre simplifié ? Chaque photographie, sur laquelle apparaissent nettement les limites de parcelle, en est le support; les grandes lignes de la géologie, de la pédologie, l'état cultural, l'exposition, la morphologie, décelables par l'interprétation des photographies, sont enregistrées sur fiches perforées, par parcelle ou groupe de parcelles.Un simple tri mécanographique permet d'obtenir les parcelles présentant une ou plusieurs caractéristiques enregistrées.Cet outil remarquable pour un pays neuf est facile à établir.Un interprétateur en 8 jours peut en effet caractériser 10.000 hectares.
-L'étude de l'alluvionnement dans les fleuves et les estuaires trouve dans les photographies aériennes verticales,des renseignements sous une forme particulièrement exploitable.Or, quand il s'agit de dépôts sous une faible épaisseur d'eau,seule la vue aérienne est efficace: la topographie les ignore et le sondage trop imprécis n'existe qu'en eau navigable.Il en est de même de l'étude des courants;lorsque par exemple les eaux en présence peuvent être différenciées par leur couleur,la photographie aérienne est alors vraiment la seule à nous donner d'un seul coup d'oeil une trajectoire complète de nappes.Ce domaine encore peu exploité est particulièrement intéressant

CARTOGRAPHIE DES DONNES DE SURFACE.....

Les spécialistes de chaque discipline ont recherché et reconnu les données qualitatives d'une région.Pour être utilisables, les données doivent être cartographiées,c'est-à-dire positionnées,àéchelle réduite,par rapport à des rep ères topographiques. C'est dans cette phase cartographique que la photographie aérienne à son entière efficacité.En effet,l'important dans une carte,qu'elle soit établie à des fins descriptives ou quantitatives,est que la donnée qualitative retenue soit située avec le maximum de précision ce qui implique que la cartographie et l'établissement du fond topographique soient simultanés.Seule la photographie le permet,dans des conditions raisonnables de délais et de coût;image fidèle d'une portion de territoire elle en est la carte précise et, à ce titre, traduit nonseulement les données qualitatives mais aussi les faits topographiques qui permettent de les situer.

CARTES DESCRIPTIVES OU QUALITATIVES

Ces documents à petite ou moyenne échelle concrétisent l'étude de vastes régions.Ils ont pour but de décrire les grands traits de la géologie, de la pédologie, etc...Ils comportent;
- les données qualitatives représentées conventionnellement et mises en place avec exactitude les unes par rapport aux autres.
- un fond planimétrique détaillé qui situe avec exactitude ces données, l'altimétrie étant secondaire.

De tels documents sont réalisés dans les meilleures conditions d'économie, de délai et de précision si l'établissement du fond planimétrique et la cartographie des données qualitatives, sont simultannés et obtenus à partir du même document: la photographie.Il est illusoire de penser qu'une telle cartographie doit être postérieure à l'établissement d'un fond topographique régulier.En effet cette méthode est imprécise car un report est toujours imparfait.De plus une carte régulière est longue à établir,onéreuse, et l'altimétrie n'apporte rien au problème posé. Les gisements de pétrole connus au SAHARA ont été découverts grâce à des documents géologiques avec fonds planimétriques établis simultanément d'après photographies aériennes et cependant il n'existait pas de cartes régulières.

CARTES QUANTITATIVES....

Ces documents à grande échelle concrétisent des études sur des zones limitées Ils ont pour but l'évaluation quantitative avec un degré variable de précision d'un certain nombre de données géologiques, pédologiques,etc... Ils comportent:

-des données qualitatives, représentées conventionnellement,

-un fond topographique complet à la fois planimétrique et altimétrique mais qui situe, toujours avec exactitude, ces données.

Dans ce cas également ces documents sont réalisés dans les meilleures conditions d'économie, de délai et de précision,si l'établissement du fond topographique et la cartographie des données qualitatives sont simulta nés et obtenus à partir du même document, la photographie.

Par exemple: la précision des excellents 1/20.000 France devient illusoire lorsqu'on reporte,toujours avec imperfection, une donnée qualitative ,observée sur photographie, par exemple, dans le but d'en évaluer quantitativement une ou plusieurs caractéristiques.

Les études des sites de barrages nécessitent une cartographie très précise des diverses données. Cette précision serait pratiquement parfaite,si, à partir de photos terrestres, étaient restitués simulta nément les faits topographiques et les données qualitatives le plus souvent repérables sur ces photographies.

S'il est maintenant reconnu par les spécialistes des diverses disciplines que l'interprétation des photographies accélère et améliore considérablement le leurs études, la cartographie selon les principes précédents n'est que peu appliquée et cependant la pleine efficacité de la photographie provient de son application. Ceci tient au fait qu'une telle cartographie met en oeuvre des techniques nombreuses qui nécessitent un bureau spécialisé,équipé d'un matériel pouvant résoudre des problèmes très variés.Or l'équipement minimum d'un tel bureau est rarement en rapport avec un problème particulier. C'est l'importance de celui posé par le SAHARA qui a permis à l'IFP de créer son département de Photo-géologie. Ce département ayant rapidement eu à résoudre des problèmes relevant d'autres disciplines que la géologie.

C'est pour exploiter les techniques ainsi mises au point et les possibilités de ce service, que l'Institut Français du Pétrole et la Société Centrale pour l'Equipement du Territoire se sont réunis pour créer GEOTECHNIP.

1288 F - Nov. 1962 - 1,000

E/CONF.39/A/228
1 Nov.1962
ORIGINAL : ESPAÑOL

CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS
SOBRE LA APLICACION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA
EN BENEFICIO DE LAS REGIONES MENOS DESARROLLADAS

Punto del programa : A.3.1.2

México

ORGANIZACION Y OPERACION DEL SERVICIO HIDROMETRICO

Por Ignacio DEVESA GUERRERO,
Ingeniero,
Jefe del Departamento de Hidrometría,
Secretaría de Recursos Hidráulicos,
México

Las monografías presentadas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología en Beneficio de las Regiones Menos Desarrolladas constituyen documentos de trabajo de dicha Conferencia. Se publican tal como han sido presentadadas por los colaboradores y los puntos de vista expresados en ellas corresponden a los colaboradores. (Veánse notas al dorso.)

NOTAS

1. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Generales serán distribuidas en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

2. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Especiales serán distribuidas en la Conferencia únicamente en uno de los idiomas oficiales antes indicados.

3. Los resúmenes de las monografías presentadas por los colaboradores serán distribuidos en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

4. No se procederá a la distribución general de las monografías y resúmenes con antelación a la Conferencia. Unicamente serán publicadas en cantidades limitadas con antelación a la Conferencia para uso exclusivo de las delegaciones de los gobiernos participantes y de otros participantes autorizados. La publicación con posterioridad a la Conferencia y la distribución general de las actas y debates de la Conferencia seguirán las prácticas de las Naciones Unidas establecidds por ia Junta de Publicaciones de las Naciones Unidas.

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS, MEXICO
TEMA: A. 3. 1. 2: ORGANIZACION Y OPERACION DEL SERVICIO HIDROMETRICO
POR ING. IGNACIO DEVESA GUERRERO
JEFE DEL DEPTO. DE HIDROMETRIA.

(I). PRESENCIA DE LA HIDROMETRIA Y LA CLIMATOLOGIA EN LAS OBRAS HIDRAULICAS.

1. Las Obras Hidráulicas pueden en general clasificarse dentro de dos tipos principales: Aprovechamiento y Defensa.

2. Las Obras Hidráulicas de Aprovechamiento a su vez se subdividen según los fines que se traten de obtener, en los siguientes aspectos: Aguas Potables, - Riego, Generación de Energía y Navegación.

3. Para llegar a tener una correcta eficiencia, un aceptable porciento - de aprovechamientos de la corriente, es necesario que la obra conluída tenga como base datos hidrométricos y climatológicos de la cuenca obtenidos mediante estaciones de aforo y climatológicas.

4. Con objeto de estudiar la importancia de estos datos, se analizará en forma general su utilidad en los aspectos anteriormente citados:

a) AGUAS POTABLES

5. El uso para las aguas potables se hace mediante una concesión del Gobierno en las corrientes. El Servicio Hidrométrico en este aspecto, coopera con la labor del Gobierno proporcionando datos de los ríos, aforos de manantiales y - estadísticas de lluvia que previa elaboración indican la capacidad aprovechable - que se ha de dar a la obra de captación, para que las poblaciones obtengan mejo-- ría en su abastecimiento potable.

b) R I E G O

6. En cuanto al riego, este es necesario para regularizar la humedad del suelo. Existen zonas en las cuales si no se riega no se siembra, mientras que en otras es suficiente con la lluvia, viniendo así las siembras de temporal.

7. México, es un territorio de 196 millones de hectáreas, de las cuales solo son laborables 23.5 millones (el doce por ciento), 3.5 millones no requieren riego, aunque sí de obras que eviten inundaciones y 20 millones necesitan urgentemente obras para suprimir la inseguridad de las siembras de temporal.

8. Estos datos reflejan la situación del país y hacen ver que se requiere agua para riego con verdadera necesidad. Más para ello no es suficiente contar con presupuestos para construir presas y canales, es indispensable antes conocer la climatología del lugar y estudiar los gastos de los ríos y ésto solo se logra - instalando estaciones climatológicas y de aforo en todas las cuencas donde se provea que en un futuro ha de aprovecharse.

c) GENERACION DE ENERGIA

9. El Servicio Hidrométrico presente, es este aspecto, ha de indicar al - Ingeniero el gasto de las corrientes en donde es posible construir una obra hidroeléctrica, en donde la acción del flujo hidráulico puede ser utilizada para mover las turbinas y poder producir luz y energía hidroeléctrica.

d) NAVEGACION

10. Solo los ríos del Sureste son navegables. Conocer el régimen de escurrimiento mediante estaciones de aforo, permite efectuar obras que regularicen el agua y favorezcan la navegación.

11. En cuanto a las Obras de Defensa son aquellas que se construyen tanto en presas como en corrientes fluviales para evitar desbordamientos producidos por

el paso de una avenida. La observación de las avenidas, su frecuencia, volumen y gastos máximos de ellas, tanto en el cauce de los ríos como en las Obras de Excedencias de las presas, así como las tormentas y su intensidad, es responsabilidad del Servicio Hidrométrico y a él compete.

(II). BREVE HISTORIA DEL SERVICIO HIDROMETRICO EN LA SRIA. DE RECURSOS HIDRAULICOS

12. El Servicio Hidrométrico tal como se le conoce actualmente ha tenido en nuestro país dos etapas principales perfectamente bien definidas: Primero, -- cuando dependió directamente de la Secretaría de Agricultura, y Segundo, cuando formó parte de la extinta Comisión de Irrigación que a partir de 1947 se convirtiera en la actual Secretaría de Recursos Hidráulicos.

13. Antes de 1902 existían solo datos climatológicos provenientes de los pocos observadores que en forma particular u oficial atendían aparatos meteorológicos y los concentraban en las Oficinas de Meteorología y Astronomía.

14. En 1904 se dió a la Hidromensura el primer impulso instalándose estaciones de aforo sobre el Río Lerma, Aguanaval, La Laja y San Juan del Río. Cabe hacer notar que estas primeras observaciones se realizaban con procedimientos indirectos de "Sección y Pendiente", o con "Flotadores", ya que el uso de los molinetes, no se había puesto en práctica.

15. En el año de 1910, al decretarse la primera "Ley de Agua" se formó - dentro de la Sría. de Agricultura, "La Dirección de Aguas" que tuvo dos labores que cumplir, por una parte las de Indole Legal y por otra, conocer el régimen de algunas corrientes, pero aún sin el fín estadístico que interesa a la Hidrología.

16. En el año de 1916 los campos de Climatología y de la Hidrometría se habían incrementado, mas ambos estaban separados, siendo atendidos el primero por la Dirección de Estudios Geográficos y Climatológicos y el segundo por la mencionada Dirección de Aguas que aún no deslindaba lo legal de lo correspondiente a - estudios de las corrientes para aprovechamientos futuros.

17. No fué sino hasta 1921 cuando al empezar a funcionar la Dirección de Irrigación, se creó la primera "Sección de Hidrología" que tuvo por objeto efectuar las observaciones de caracter técnico en las diversas corrientes fluviales mientras que los asuntos de índole legal, continuaron bajo la directa supervisión de la "Dirección de Aguas".

18. Fué entonces cuando la Sección de Hidrología creó sus primeras dependencias foráneas quienes no solo se concretaron a instalar estaciones de aforos sino construir estaciones climatológicas con fines de estudio, pero sin interferir con las estaciones que operaba la Dirección de Estudios Geográficos y Meteorológicos , para fines principalmente de meteorología general.

19. El año de 1922 marcó un cambio sumamente favorable a la Hidrometría ya que se mejoraron los aforos introduciendo el uso del molinete hidráulico.

20. En 1926 se formó la Comisión Nacional de Irrigación, dando así un incremento más grande a las obras de riego y fomentándose la agricultura. En el Departamento de Estudios y Proyectos, quedaron incluídas todas las labores del Servicio Hidrométrico.

21. A partir de 1931 se incrementó el Servicio Hidrométrico aún más y ya en 1946 se operaban 307 estaciones hidrométricas, 306 climatológicas y 39 de azolves.

22. Al hacerse patente la importancia de las funciones y actividades que abarcaba la Comisión Nacional de Irrigación, el Gobierno del Lic, Miguel Alemán - estimó oportuno darle la categoría de Secretaría de Recursos Hidráulicos.

23. Fué entonces constituído el Departamento de Hidrometría, como parte - de la Dirección General de Hidrología y desde esa fecha, todas las labores referentes a la Hidrología, como son: Estudios Hidrológicos, Servicio Hidrométrico, - Cálculo Hidrométrico, Climatológico y de azolves quedaron comprendidos en la mencionada Dirección.

(III). ESTADO ACTUAL DEL SERVICIO HIDROMETRICO

FUNCIONAMIENTO ADMINISTRATIVO Y ORGANIZACION TECNICA DEL SERVICIO HIDROMETRICO

24. Dentro de la Secretaría de Recursos Hidráulicos existe la Jefatura de Irrigación y Control de Ríos, que tiene como principal función la dirección técnica, económica y administrativa de todas las obras que ejecuta esta Secretaría en materia de Grande y Pequeña Irrigación, obras de defensa y control de ríos así como obras de mejoramiento y bonificación de tierras.

25. La Jefatura de Irrigación esta integrada por las Direcciones siguientes: Hidrología, Estudios y Proyectos, Construcción, Pequeña Irrigación y Geología.

26. La Dirección de Hidrología a su vez esta integrada por dos Departamentos principales: El Departamento de Hidrometría que tiene a su cargo la formulación del inventario de los recursos hidráulicos superficiales del país, abarcando desde el proyecto de las estaciones hidrométricas, climatológicas y de azolve, hasta la formulación de estadísticas y publicación de datos y el Departamento de Estudios Hidrológicos que aprovecha los datos obtenidos por el Departamento de Hidrometría para hacer los estudios previos a la planeación y construcción de las obras;= fijar la magnitud de los aprovechamientos de usos múltiples, especialmente de riego y control de las avenidas; la capacidad de los vasos, obras de excedencias y -- obras de extracción.

27. El C. Jefe del Departamento de Hidrometría cuenta en sus Oficinas -- Centrales con personal técnico adecuado al Servicio Hidrométrico que incluye entre sus labores las inspecciones, proyectos y construcción de estaciones. Cuenta también con ayudantes para la oficina de Cálculo Hidrométrico y Cálculo Climatológico y también en el Orden Administrativo, para controlar al personal, equipo y el ejercicio del presupuesto.

28. Para llevar a cabo sus trabajos en el campo, el Servicio Hidrométrico se ha dividido en grupos o unidades situadas en zonas geográficamente bien definidas.

29. A estas unidades o grupos de estaciones se les designa con el nombre de "DIVISIONES HIDROMETRICAS" las cuales generalmente están a cargo de un ingeniero especializado en asuntos hidrológicos. Cada División Hidrométrica cuenta con el - equipo, personal y presupuestos suficientes para el desarrollo de sus funciones.

30. Toda la República Mexicana se encuentra cubierta por estaciones climatológicas e hidrométricas y su control es llevado por medio de las Divisiones Hidrométricas, cuyos nombres genéricos son:

Alto Lerma	Ensenada	Tabasco
Los Altos	Orígenes del Lerma	Tamaulipas
Baja California	Alto Pánuco	Tehuantepec
Bajo Lerma y Pacífico Centro	Región Lagunera	Valle de México
Balsas	San Juan	Chiapas
Sinaloa	Sonora	Veracruz
Conchos	Yucatán	

31. Todo el personal que atiende las estaciones hidrométricas y climatológicas o sean aforadores, lectores de escala, ayudantes y observadores de climatológicas, labora bajo la atención técnica del C. Jefe de la División Hidrométrica correspondiente, quien a su vez es responsable directo de su administración ante el C. Jefe del Departamento de Hidrometría.

32. Las estaciones cuya operación y construcción se estima necesaria, - son sugeridas por las Autoridades Superiores de la Secretaría; instaladas de acuerdo con estudios racionales hechos en la propia Dirección de Hidrología o bién por solicitudes de Gerencias Generales de las Obras que existen en cada una de las entidades Federativas de la Nación.

(IV). OPERACION DE ESTACIONES CLIMATOLOGICAS, HIDROMETRICAS Y DE AZOLVE

a) ESTACIONES CLIMATOLOGICAS: Las estaciones que opera la Secretaría de Recursos Hidráulicos desarrollan actividades cuya finalidad puede catalogarse dentro de la Meteorología cliamatológica, y su importancia es tal que sin los datos que en ellas se recaban o si son defectuosos, el éxito de un proyecto puede anularse, comprometiéndose inversiones que alcanzan en algunos casos a muchos millones de pesos.

33. En México, 20 Divisiones Hidrométricas concentran las observaciones de 1373 estaciones climatológicas operadas por el Servicio Hidrométrico y las envían a una Oficina Central en donde son revisadas y calculadas formándose estadísticas de ellas para su aplicación en estudios.

34. La instalación de ellas por el Servicio Hidrométrico, obedece a tres fines directos e inmediatos, aún cuando los datos aportados tienen aplicación múltiple tanto en la agricultura como en la industria y el comercio.

i) Proyecto de Obras Hidráulicas y planeación de sistemas de riego.

ii) Conocimiento del clima de un lugar con fines agrícolas y técnicos para efectuar estudios climatológicos e hidrológicos.

iii) Proteger las construcciones en el cauce del río, dando aviso oportuno de la llegada de avenidas, para poner a salvo equipo y construcciones.

35. Teniendo en cuenta estas finalidades la localización de estaciones se basa en ellas buscando aquellos sitios de particular interés.

36. Una estación climatológica completa consta de dos clases de aparatos los de observación directa y los de registro gráfico.

37. Los aparatos de observaciones directas son: pluviómetro, termómetro de máxima, ambiente y mínima, evaporómetro y veleta.

38. Los aparatos de registro gráfico son: pluviógrafo, termógrafo e higrotermógrafo.

39. El número de aparatos actualmente en operación en nuestro país son los siguientes:

1373	pluviómetros	1246	termómetros	843	evaporómetros
109	pluviógrafos	17	termógrafos	10	higrógrafos
49	higrotermógrafos				

40. Además de las estaciones citadas se operan en cooperación con el Servicio Meteorológico Mexicano y la Comisión Federal de Electricidad, 844 estaciones climatológicas cuyos datos son empleados también para los fines indicados.

41. Para la obtención de los datos se efectúan las lecturas y anotaciones siguiendo un orden en la atención a cada uno de los aparatos, observando las reglas que a continuación se dan y cuya aplicación ha proporcionado resultados satisfactorios en la operación de estaciones dependientes del Servicio Hidrométrico.

a. Las observaciones se efectúan simultáneamente a las ocho horas diarias.

b. Al hacer las observaciones se anota de inmediato la lectura correspondiente.

c. Los datos que el encargado de la estación climatológica anota en sus registros todos los días, son los siguientes:

i La fecha en que se efectúa la observación

ii La lectura del termómetro con datos máximo, ambiente y mínimo.

iii La lectura de precipitación obtenida en el pluviómetro.

iiii La lectura del evaporómetro, cuya diferencia con la del día anterior da el total evaporado.

iiiii Observación de la veleta, obteniendo la dirección del viento.

42. Generalmente y con muy raras excepciones, se toman en consideración haciendo las anotaciones correspondientes, la apreciación general del estado del tiempo a la hora de la observación; estado del tiempo que prevaleció el día anterior a la observación; se anotan los fenómenos extraordinarios que se han presentado, tales como heladas, granizadas o tormentas, etc.

b) ESTACIONES HIDROMETRICAS Se llaman estaciones hidrométricas a los lugares en los cuales se determina el gasto o volumen que pasa por una sección trans-

versal de la corriente en la unidad de tiempo. Su objeto primordial es el conocimiento del régimen hidráulico de la corriente, pero en el caso particular de algunas de ellas, su instalación se ha debido a la necesidad de conocer las extracciones para riego en las presas y lagos; estudiar la variación de sus almacenamientos, determinar el volumen empleado en riego y generación de energía y enfín abarcar todos los aspectos que interesan y son de la competencia de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

43. En México, 20 Divisiones Hidrométricas concentran datos hidrométricos de 492 estaciones instaladas sobre corrientes fluviales, 241 estaciones sobre canales y 100 escalas en las que se observan las variaciones de niveles diarios de almacenamiento de 100 presas destinadas la mayor parte a riegos.

44. Del total de ellas, en 645 estaciones se toman datos diarios de áreas y velocidades con molinetes, así como lecturas de escala diarias, completándose las observaciones con el registro de 315 limnígrafos instalados en estructuras especiales.

45. Mensualmente los datos son recibidos, provenientes de cada estación hidrométrica, en la residencia de las Divisiones. Ahí se revisan los aforos y las lecturas de escala, así como las observaciones de azolves y de inmediato se remiten a la Oficina Central de la Dirección de Hidrología, en donde un cuerpo debidamente preparado de calculistas determinan el escurrimiento medio diario, mensual y anual y los gastos máximos y mínimos.

46. La labor de la obtención del gasto de una corriente se encomienda a un empleado que tiene preparación adecuada para realizar este trabajo y al cual se le da el nombre de AFORADOR.

47. Según sea la importancia de la estación o grupo de estaciones que controla, se ve auxiliado por uno o dos empleados a los que se les designa con el nombre de lectores de escala.

48. La obligación principal del aforador es la determinación y cálculo del aforo; atender la conservación de los aparatos que emplea; cuidar los elementos constitutivos de la estación, cable, canastilla, molinete, limnígrafo, etc.- atender la estación climatológica y de azolves.

49. El tipo de estructuras que se emplean en el Servicio Hidrométrico para practicar los aforos, depende en cada sitio de lo ancho y características del cauce, así como de los materiales de que se dispone en cada caso. A continuación se hace una breve descripción del tipo de estructuras usadas para aforo en nuestro país.

i) En aquellas corrientes donde el tirante es menor de 70 cm, y la velocidad inferior a un metro por segundo se omite la estructura y el aforador efectúa sus observaciones "vadeando".

50. Este procedimiento consiste en que el aforador se coloca en los distintos puntos de la corriente en que se necesitan practicar observaciones, utilizando un molinete montado en la varilla conque están equipados estos aparatos.

ii) P U E N T E: Siempre que en el tramo se encuentre un puente de alguna carretera o de ferrocarril o de cualquier camino vecinal, se utiliza como estructura para aforar, economizando el costo de ella que de otra manera habría de construirse. Sin embargo si el puente tiene un gran número de machones y la forma de estos no es adecuada, entonces se desecha su empleo, construyendo una estructura especial.

51. Si el claro es inferior a 20 metros se construye un puente o "pasarela" de concreto en forma de viga "T" o rectangular, o bien metálico ya que aún cuando el costo inicial es algo más grande que los de madera, requieren menos conservación y su duración es mayor.

iii) B A R C A: El aforo mediante barca o canoa se efectúa en aquellas corrientes naturales cuyo claro es superior a 300 metros y en donde la instalación de una estación de cable y canastilla resultaría incosteable. Cuando el tráfico de navegación es grande y constante se emplea esta estructura de aforo, pues cualquier otra impediría el paso de las embarcaciones.

52. Para evitar que la corriente arrastre la barca durante las maniobras se asegura un cable tendido de una a otra orilla del cauce, empleando carretillas para hacer la sujeción. Los aforos practicados desde una barca están sujetos a un gran número de errores tanto en la medida de las áreas como de las velocidades provocadas en parte, por el movimiento de la barca y por el obstáculo que esta presenta a las corriente, substituyéndose dentro de lo posible, con estructuras de cable y canastilla.

iiii) CABLE Y CANASTILLA: Es éste, el dispositivo que por su sencillez, ofrece mayores ventajas para practicar aforos directos con molinete en cauces, anchos, generalmente de 20 metros en adelante. Consiste esencialmente de un cable de acero, en posición transversal a la corriente, sobre el cual desliza una canastilla desde donde el aforador y su ayudante practican los aforos .

53. El cable se coloca de diversas maneras, de acuerdo con las condiciones que tiene la sección elegida, como sigue:

a) Amarrando el cable directamente a troncos de árboles con suficiente resistencia e inmovilidad, que se encuentren a propósito en las márgenes.

b. Anclando los extremos del cable directamente en los bordes del cauce, cuando estos sean rocallosos, firmes y elevados.

c. Apoyando el cable en postes o torres de madera, de concreto o metálicas y sujetando sus cabos a anclajes de concreto fijos en el terreno.

54. El caso mas general de estructura de aforos empleado es el de cable apoyado en torres de concreto con cabos sujetos a anclajes especiales.

55. Obtenidos los aforos, las observaciones se completan con datos sobre las fluctuaciones de nivel de la superficie del agua y con estos valores se deduce el volumen arrastrado por el río, arroyo o canal, no solo en una hora, sino en cualquier lapso de tiempo.

c) ESTACIONES DE AZOLVE: Además de los datos hidrométricos y climatológicos se obtienen muestras de agua en cada corriente controlada por las Divisiones Hidrométricas. Estas muestras permiten calcular en un laboratorio especial, la cantidad de sedimentos que en suspensión llevan las corrientes objeto de los estudios para su aprovechamiento.

56. Las estaciones de sedimentos tienen como finalidad la de cuantificar la cantidad de azolve, expresada en volumen, que es capaz de transportar una corriente, y con dicho dato estimar en los vasos de almacenamientos en proyecto, la capacidad que es necesario dejar inactiva, o sea la llamada "capacidad muerta" para el depósito de azolves.

57. El muestreo de sedimentos en suspensión se lleva a cabo utilizando un muestreador que consiste en un bastidor de hierro, en el que se coloca una botella de un litro de capacidad, que se suspende por medio de un cable delgado y llevando un escandallo como contrapeso.

58. La botella vacía se sumerge tapada, y un dispositivo permite abrirla a la profundidad deseada. Una vez llena, se extrae, se separan 100 cc. del líquido que se utilizará para obtener los datos por volumen y dejando en la botella 900 cc. que serán empleados para los análisis por peso. Los resultados de los laboratorios de sedimentos instalados en las corrientes más importantes son remitidos a la Dirección de Hidrología para su estudio y utilización subsecuente.

59. Termino así esta monografía sobre la Organización de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos en los Estados Unidos Mexicanos, su importancia desde el punto de vista de Recursos Hidráulicos y el incremento que día a día se dá al Servicio Hidrométrico con la tendencia a lograr mejores datos que garanticen un mejor aprovechamiento de las corrientes fluviales.

IHC/yta.

1262 S - Nov.1962 - 600

E/CONF.39/A/229
1 Nov.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.5.1.4

UNESCO

PROBLEMES PARTICULIERS CONCERNANT LA FORMATION DE GEOLOGUES, D'INGENIEURS DES MINES ET DU PERSONNEL DE MAITRISE

Par E. STRETTA,
Département des Sciences Exactes et Naturelles
de l'UNESCO

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

Problèmes particuliers concernant la formation de géologues, d'ingénieurs des mines et du personnel de maîtrise

par E. STRETTA

Département des Sciences exactes et naturelles
de l'UNESCO

1. Introduction

Le potentiel d'un pays, en ce qui concerne les richesses du sol et du sous-sol, doit contribuer à donner un certain essor au développement économique et permettre son accroissement.

Des ressources aussi variées que les gisements miniers métalliques ou non métalliques, les hydrocarbures, l'eau souterraine, les carrières, ne peuvent être rationnellement exploitées que si l'on connait avec le maximum de précision, non seulement leur existence, mais aussi l'extension des gisements, leur richesse, leur marché et bien entendu, si l'on a la possibilité de les mettre en valeur.

Des géologues, des ingénieurs des mines, des techniciens appartenant à de nombreuses disciplines et du personnel de maîtrise de qualité sont indispensables pour transformer un potentiel minier en richesse effective. Les techniciens qualifiés étant souvent plus rares que les capitaux, c'est donc au sujet du matériel humain nécessaire qu'apparaissent les plus grandes difficultés pour un pays neuf désirant accéder à l'indépendance économique par la mise en valeur de ses richesses naturelles.

En examinant quelques-uns des problèmes particuliers qui peuvent se poser concernant la formation de ces spécialistes, nous considérerons comme admis le fait que tout pays possédant une structure universitaire classique, des Ecoles d'ingénieurs et des Instituts de Technologie, ne peut pas omettre de former également des spécialistes des sciences de la terre, et des ingénieurs chargés de la prospection et de l'exploitation des ressources du sous-sol.

D'autres pays, moins importants par leur superficie, leur population et leur potentiel minier, peuvent réduire la structure des institutions à installer, mais peuvent difficilement se passer de géologues et même de mineurs.

En effet, l'agriculture, les travaux publics, le problème de l'eau sous toutes ses formes, celui des carrières et des quelques produits minéraux disponibles, ont suffisamment d'importance vis-à-vis de l'économie locale pour que les spécialistes correspondants reçoivent dans leur propre pays un minimum de formation de base qui leur permettra d'acquérir ailleurs une spécialisation toujours nécessaire.

2. Relations entre la potentialité minière et les problèmes de personnel.

La planification du développement des sciences de la terre, destinée à dresser, entre autres urgences, l'inventaire des ressources du sous-sol, doit normalement précéder la planification de la mise en valeur de ces mêmes ressources.

Dans l'un et l'autre cas, cette planification doit prévoir l'emploi d'un personnel scientifique et technique très spécialisé et qu'il n'est en général pas possible de se procurer immédiatement sur place, pas plus qu'il n'est souhaitable de le rechercher en totalité à l'étranger.

Les moyens de formation de ces spécialistes doivent être envisagés comme première étape de cette planification, non seulement en relation avec la potentialité minière du pays, mais en tenant compte des techniques

les plus récentes et les plus compétitives sur le plan mondial, ce qui contribue à accroître la difficulté de cette formation.

a) La potentialité minière d'un pays, - étant entendu que les eaux souterraines et les hydrocarbures doivent en faire partie - dépend tout autant des ressources connues que de celles qu'il est possible de découvrir ou d'exploiter, de même qu'elle dépend de nouvelles techniques d'exploitation ou de mise en valeur dont il importe de connaître l'existence.

La "vocation" minière d'une province doit orienter la création sur place d'Instituts spécialisés de géologie ou de mines. Ceci est important dans les pays neufs de vaste étendue où le déplacement de techniciens d'une province à l'autre, ou de la capitale vers les lieux d'utilisation est souvent difficile.

Le Brésil offre à cet égard un exemple typique puisqu'il existe dans ce pays un "état minier", un "état pétrolier", sans parler du célèbre "polygone de la sécheresse" où la mise en valeur des richesses minières peut, à défaut de ressources hydrauliques importantes, sauver l'économie de cette province de 900.000 Km^2 de superficie.

b) La prévision de moyens en matériel et personnel est un aspect particulier du problème de la formation des géologues car il faut envisager non seulement d'avoir d'importants moyens matériels pour l'enseignement des disciplines de base, mais aussi de mettre en oeuvre en même temps que les laboratoires les plus modernes avec tout leur équipement, les techniques les plus efficaces. Celles-ci doivent, en effet, permettre d'aller vite et à coup sûr.

Le retard actuel de certains pays en la matière ne leur permet pas d'hésiter ou d'employer des moyens de prospection plus traditionnels ou moins coûteux.

La carte géologique générale est souvent inexistante, de même que sont inexistants des fonds topographiques suffisamment précis pour être utilisables. Pourtant, cette carte est nécessaire pour la prospection générale de base, comme seront ensuite nécessaires des cartes spécialisées telles que les cartes tectoniques, les cartes géophysiques, les cartes hydrogéologiques, les cartes figurant des écorchés géologiques, les séries de coupes en long et en travers de divers bassins ou de structures particulières, ces dernières généralement utilisées pour la prospection pétrolière.

On sait, par exemple, que l'URSS a entrepris de façon méthodique la prospection géochimique de ses ressources minières. Ce genre de recherche a donné des résultats inespérés, mais la cadence actuelle de prélèvement de terrain pour analyse est de 5 à 6 millions d'échantillons par an. Ceci suppose des moyens exceptionnels de prospection et d'analyse, souvent difficiles à mettre sur pied quand ces techniques doivent être inaugurées dans un pays où l'infrastructure universitaire et technologique n'a pas encore atteint son stade définitif.

c) La planification des moyens de formation des spécialistes, de même que l'installation d'Ecoles, d'Instituts ou de Facultés de géologie et des mines, pose un certain nombre de problèmes parmi lesquels celui du financement est peut-être le plus facile à résoudre.

Un problème plus grave intervient en effet, si l'on considère qu'à un enseignement général de plusieurs années (3 à 5 ans) doit succéder, pour les géologues un enseignement spécialisé et pour les mineurs la possibilité d'accomplir des stages de plusieurs mois dans l'industrie minière, au fond ou en surface, mais à condition que cette industrie soit déjà suffisamment développée et organisée.

Un Institut de Géologie, par exemple, suppose, non seulement qu'un enseignement complet de la géologie, depuis les matières les plus générales jusqu'aux plus spécialisées, soit organisé dans sa théorie et sa pra-

tique, mais aussi qu'un service de recherche parallèle au service d'enseignement soit créé, car ces deux fonctions sont inséparables. En effet, c'est essentiellement à la structure géologique du pays que cet Institut doit adapter son enseignement et c'est dans des laboratoires de recherche annexes que professeurs, assistants et élèves sur le point d'être diplômés devront travailler à parfaire la connaissance du pays ou à adapter avec réalisme l'enseignement au contexte géologique local.

Le problème d'un Institut des Mines est identique, car l'enseignement doit être orienté vers la formation des spécialistes les plus utiles au pays. La nécessité de parer aux urgences les plus grandes, obligera donc à opérer une sélection des spécialités pour lesquelles il est prévu une demande plus importante. Des pays comme l'Inde ou l'Iran ont constaté que leurs professeurs dans les Instituts des Mines, par exemple, étaient des théoriciens, d'ailleurs excellents, mais dont l'enseignement était peu adapté aux réalités et aux problèmes spécifiques de leur propre pays.

d) Certains problèmes humains, bien entendu, ne sont pas spécifiques à ce type de spécialistes à former, et nous analyserons ceux qui peuvent dans certains cas devenir particulièrement aigus.

i) Le personnel enseignant doit nécessairement être un personnel de qualité, qui doit être attiré vers l'enseignement par des avantages matériels ou scientifiques importants. Souvent les spécialistes nationaux sont absorbés par d'autres tâches et sont trop peu nombreux. Il est alors nécessaire de faire appel à des professeurs étrangers avec les inévitables obstacles des problèmes de langue, d'adaptation au pays, d'équilibre entre plusieurs nationalités et également de disparité de salaires. Quoiqu'il en soit, il faut considérer qu'un personnel enseignant de qualité demeure, en tout état de cause, rare et difficile à recruter. C'est pourquoi tout effort dans ce domaine doit porter sur le personnel national auquel on doit donner toutes les possibilités de perfectionnement.

ii) Le recrutement à la base des étudiants pose également des problèmes inédits, car il s'agit, soit de former des naturalistes, soit des ingénieurs ou des techniciens ayant un métier particulièrement rude et qui n'est pas mieux rémunéré que d'autres professions.

Le métallogéniste et le naturaliste sont en général poussés davantage par une vocation que par l'appât d'un gain important et immédiat, exception faite toutefois des ingénieurs ou géologues de la prospection pétrolière pour laquelle les standards USA sont souvent adoptés.

Il faut donc rechercher ou susciter ces vocations et cela parmi des jeunes gens dont le système d'éducation primaire ou secondaire n'a pas toujours donné l'importance voulue aux sciences naturelles ou à la technologie minière. On constate, en effet, dans de nombreux pays, comme par exemple la Turquie, à l'Université Technique d'Istanbul, que les titres d'ingénieur civil (spécialistes en béton en particulier), d'architecte ou de chimiste, sont plus prisés que celui d'ingénieur des mines.

Quant à la géologie, elle est souvent le refuge du jeune aspirant ingénieur rebuté par la physique ou les mathématiques, ce qui donne forcément un recrutement de deuxième choix.

iii) Le problème des débouchés, principalement pour le géologue, est une préoccupation pour de très nombreux pays, même les plus développés, mais il est crucial dans les pays neufs. Il y a, en effet, dans ces derniers une forte disproportion entre les salaires officiels et les salaires de l'entreprise privée et il y a fort peu d'emplois disponibles pour les géologues dans cette dernière. Il appartient donc à l'Etat d'assurer un

débouché suffisant aux géologues et aux ingénieurs chargés de prospections minières, et des salaires en rapport avec la complexité de leurs études et les difficultés inhérentes à leur profession, notamment sur le terrain.

Le cas du Mexique reflète bien cet état de choses. On y voit la plupart des géologues qui viennent d'être diplômés (près de 80%) se diriger vers la compagnie nationale des pétroles par suite du manque de débouchés et des salaires trop bas dans les ministères des travaux publics et des ressources hydrauliques, où l'absence de ces spécialistes se fait pourtant durement sentir. Toujours dans ce même pays, on constate que moins de 1% des ingénieurs formés chaque année dans la seule Université de Mexico sont géologues ou ingénieurs des mines. La raison en est l'absence de débouchés et, par contrecoup, le maigre intérêt que suscite la profession.

Il apparaît donc qu'un certain nombre de dispositions doivent être prises à l'échelon le plus élevé pour permettre aux institutions existantes de travailler avec un meilleur rendement à la formation de spécialistes dans un pays qui en a souvent un pressant besoin, mais qu'il ne sait ni attirer vers la prospection et l'inventaire indispensable des ressources, ni leur fournir les moyens de travail.

En Indonésie, pays d'une superficie de 1,5 millions de Km^2 et 95 millions d'habitants, où les problèmes miniers sont considérables bien que son territoire demeure en grande partie inexploré, on constate que seuls trente géologues et quatre vingts ingénieurs des mines ont une activité liée à leur spécialité. Il y a dans ce cas double problème de formation et de débouchés.

3. Problèmes concernant l'esprit dans lequel doivent être formés ces spécialistes.

Un des problèmes particuliers qui peuvent apparaître réside dans le fait que l'on ne forme pas dans le même esprit et selon les mêmes concepts des géologues et des ingénieurs des mines. Le temps n'est plus où un Institut des Mines formait à la fois des géologues et des ingénieurs comme cela existe pourtant encore dans quelques pays.

Il est indispensable de prévoir tout au moins pour les grands pays, deux systèmes de formation distincts, même si une certaine interdépendance apparaît nécessaire dans plusieurs domaines, ceux concernant la prospection en particulier.

a) Un Institut ou une Faculté des Mines doit exclusivement se présenter de nos jours comme un centre de formation d'ingénieurs bien que quelques-uns d'entre eux soient destinés à la prospection. On ne doit pas oublier que le plus grand nombre d'élèves-ingénieurs s'orientera vers la mise en exploitation des gisements, d'autres vers la technique minière proprement dite ainsi que la commercialisation des produits d'extraction.

Il s'en suit qu'une institution de ce genre, non seulement intéresse un nombre de plus en plus important de disciplines, même dans une seule catégorie de gisements, mais aussi doit varier son enseignement en fonction de la branche à laquelle est destiné le jeune ingénieur. En effet, un enseignement qui s'étend de la recherche appliquée au droit commercial par les intermédiaires de la physique, de la chimie industrielle, de l'électrotechnique, ne saurait s'attacher également avec bonheur à la recherche scientifique pure, laquelle reste la base d'un Institut de Géologie. Il faut noter, en outre, que former des scientifiques dans le cas de ces instituts, consiste surtout à permettre à ceux-ci d'adapter au pays les techniques d'investigation utilisées dans cette discipline.

b) Dans l'enseignement de l'art des mines, l'éventail des spécialistes

à former ne doit pas se cristalliser sur l'ingénieur, mais s'étendre également au technicien et à l'ouvrier spécialisé. La qualité et la rentabilité de l'exploitation minière dépendent tout autant de la dextérité du maître-mineur et du chef d'équipe ouvrière que le forage pétrolier dépend de l'astuce du chef-foreur.

L'ingénieur conçoit, planifie et dirige, mais le technicien réalise et intervient dans l'ouvrage par le biais de son habileté technique et de sa conscience professionnelle.

En matière d'études géologiques, le technicien spécialiste de laboratoire ou de terrain est également indispensable pour aider le géologue, mais dans ce cas, l'éventail des spécialistes du personnel secondaire nécessaire est beaucoup plus réduit, et l'école de techniciens de l'industrie minière peut parfaitement former en même temps les aides-géologues dans leurs diverses spécialités.

Tout ceci suppose que l'on ait la possibilité de former plus encore de techniciens non-ingénieurs par la création d'écoles techniques de diverses spécialités, ou tout au moins que l'on prenne des dispositions pour augmenter considérablement la capacité et le rendement de celles qui existent déjà dans le pays. Dans ce domaine, des Centres régionaux de formation technique, là où le potentiel minier est le plus important, auront la préférence par rapport à ceux installés dans les capitales, même si le recrutement des élèves et leur formation se heurtent à des difficultés plus grandes. Il importe, en effet, d'éviter un déplacement et une adaptation de la main d'oeuvre en intéressant les habitants d'une province à l'exploitation de leurs richesses minières locales.

c) Le titre d'ingénieur des mines, par opposition à celui de géologue, et l'existence de débouchés plus abondants pour les mineurs, font qu'il y souvent pléthore d'ingénieurs par rapport aux géologues, ce qui est actuellement le cas aux Philippines. Dans de nombreux pays les richesses minières en exploitation permettent à l'entreprise privée de se développer à un rythme plus rapide et plus efficace que celui des Instituts chargés de la recherche scientifique, pure ou appliquée, d'où la géologie tire l'essentiel de sa substance. Partout dans le monde on constate que l'ingénieur a eu pendant très longtemps et a souvent encore un prestige plus grand et plus accessible que celui du chercheur scientifique. Ce dernier demeure plus obscur et plus effacé et ne parvient que difficilement à "se faire un nom" à défaut d'avantages pécuniers. L'opinion publique considère souvent, à tort d'ailleurs, que l'ingénieur demeure plus utile au pays que le chercheur isolé dans son laboratoire.

d) Pour cet ensemble de raisons, on préfère donner au géologue le titre d'ingénieur-géologue, car dans tout pays où le nombre de ces spécialistes demeure faible, il est rare que ceux-ci puissent se consacrer à la recherche pure, même si c'est là leur véritable vocation.

De cette manière, on cherche également à ne pas donner au géologue une formation trop essentiellement naturaliste, puisque toutes les sciences de la nature y compris, bien entendu, la géologie, ne peuvent plus de nos jours être enseignées sans une base correcte de mathématiques et de physico-chimie. Les Ecoles de Géologie les plus récemment créées, au Brésil, par exemple, ou les projets de création en Indonésie ou aux Philippines, prévoient toutes un enseignement préparatoire d'une ou deux années pour ces disciplines de base avant d'entrer dans l'enseignement des diverses matières intéressant directement le géologue.

Cependant, malgré son titre relativement nouveau d'ingénieur, le géologue doit demeurer plus largement ouvert vers les sciences naturelles, s'intéresser davantage à la philosophie profonde de sa spécialité, ce qui

n'est généralement pas le cas de l'ingénieur technicien. Tous ces problèmes interdisciplinaires posés par les sciences naturelles doivent être abordés avec de jeunes élèves géologues pour les orienter vers la compréhension des très nombreuses hypothèses qui régissent toute leur profession.

Tandis que l'ingénieur découvre ou applique des techniques de plus en plus perfectionnées et rigides, pour le géologue, la souplesse d'esprit et le sens de l'hypothèse plausible doivent s'allier à la rigueur scientifique du mathématicien, théoricien du raisonnement intellectuel. Il y a là tout un monde qui sépare le technicien du naturaliste. Il faut rapprocher les deux pôles, mais ils ne doivent jamais se fondre en un tout qui serait nécessairement incohérent sinon incompréhensible.

4. Conclusion

Il apparaît donc que les divers problèmes examinés, concernant la recherche scientifique en matière de ressources du sous-sol, dépendent pour une bonne part d'un certain nombre de facteurs économiques. La potentialité minière d'une part, l'industrie minière existante, qu'elle soit traditionnelle ou récemment mise en place, les problèmes divers concernant la géologie générale et surtout l'ensemble de ses applications pratiques, d'autre part, conditionnent directement la planification des moyens de formation du personnel spécialisé.

Compte-tenu de ces divers facteurs, il n'est pas question d'établir un critère commun pour cette planification, et applicable à tous les pays.

La création d'Instituts des Mines ou de Géologie, ou la modernisation de ceux déjà existants, doit impérativement tenir compte de la vocation minière et même de la vocation géologique d'une province favorisée ou de tout un pays.

En même temps, la mise en place d'un enseignement spécialisé tel que nous l'avons défini, doit s'accompagner, et cela est une difficulté majeure, de l'introduction de techniques et de moyens de prospection les plus modernes et les plus spécialisés, de façon à rattraper à la fois un retard scientifique et un retard technique ou économique. On se trouve donc en présence d'un problème humain parfois insoluble, mais dont la résolution conditionne nécessairement la réussite.

Il apparaît donc important, non seulement de connaître avec précision les problèmes qui se posent pour chaque pays, en se méfiant de toute généralisation hâtive, mais aussi d'étudier, pour chacun d'eux, des organismes d'enseignement et de recherches qui soient réellement adaptés à leurs besoins et à leurs possibilités et dans une certaine mesure, à leurs traditions.

Dans ces études entreraient de surcroît un grand nombre des problèmes que nous avons brièvement analysés dans la présente communication, et en particulier ceux concernant la création, simultanée ou non, d'instituts des mines et d'instituts de géologie.

A titre d'exemple, nous citerons enfin à cet égard, la récente enquête effectuée par l'UNESCO et la Commission Economique pour l'Asie et l'Extrême-Orient (ECAFE), et concernant les possibilités et les besoins de l'enseignement de la géologie et du génie minier dans les pays couverts par cette Commission. C'est de cette enquête que nous avons tiré quelques-uns de nos exemples les plus frappants.

En effet, ses conclusions rappellent un certain nombre des points que nous avons évoqués, mais elles insistent également sur le caractère original et particulier de chaque pays en fonction de sa vocation minière ou des ressources en cours d'exploitation.

1518 F - Nov. 1962 - 1,000